الأرقام لا تكذب

71 أمرًا تحتاج إلى معرفته عن العالم

"ليس هناك مؤلف أتطلع إلى قراءة كتبه أكثر من فاكلاف سميل"
بيل جيتس

فاكلاف سميل



هل الطيران خطير؟ كم تزن أبقار العالم؟ وما الذي يجعل الناس سعداء؟

بدءًا من شعوب الأرض وسكانها، ومرورًا بالوقود والأغذية التي تمدهم بالطاقة، إلى وسائل النقل والاختراعات في عالمنا الحديث - ومدى تأثير كل هذا على الكوكب نفسه - يأخذنا البروفيسور فاكلاف سميل، في هذا الكتاب، في مغامرةٍ لاكتشاف الحقائق، باستخدام إحصاءات مدهشة ورسوم بيانية كاشفة لتحدي التفكير البطيء.

هذا الكتاب - الزاخر بمعلومات "جديدة تمامًا" وبأمثلةٍ رائعةٍ وغير عادية - يوضح عدد الأشخاص الذين أنشأوا الهرم الأكبر، وأن التلقيح لا ينقذ الأرواح فحسب، بل هو استثمارٌ ماليٌ قوي، ولماذا لا تعد السيارات الكهربائية رائعة كما نعتقد (حتى الآن). فهذا الكتاب يحوي مزيجًا رائعًا من العلم والتاريخ والذكاء، كل ذلك في فصولٍ صغيرة الحجم تتناول بصورة مدهشة نطاقًا واسعًا من الموضوعات.

هذا الكتاب الضروري والممتع يلهم القراء للاستفسار عما يعتبرونه صحيحًا في هذه الفترة المهمة. يخوض سميل مهمة لإكساب الحقائق أهمية؛ لأن الأرقام قد لا تكذب ، لكن ما الحقيقة التي تنقلها؟

الأرقام
لا تكذب

الأرقام لا تكذب

71 أمرًا تحتاج إلى معرفته عن العالم

فاكلاف سميل





للتعرف على فروعنا

نرجو زيارة موقعنا على الإنترنت **www.jarir.com**

للمزيد من المعلومات الرجاء مراسلتنا على: **jbpublications@jarirbookstore.com**

الطبعة الأولى 2023

Numbers Don't Lie

71 Things You Need to Know About the World

VACLAV SMIL







إشادات بهذا الكتاب

«ربما ليس هناك أكاديمي آخر يرسم صورًا بالأرقام مثل سميل».

صحيفة الجارديان

«سميل مؤلف لا يسمح للسياسات بأن تحجب الحقائق أو تطمسها».

مجلة نيويورك ريفيو أوف بوكس

«هذا الكتاب موجَّه لكل من تربكه الإحصائيات أو الشكوك المتعلقة بالمعلومات في عالم يبدو فيه أن الأرقام تعني كل شيء، ولا تعني أيضًا أي شيء».

مجلة *بي بي سي ساينس فوكاس*

«سميل مُفكِّر راديكالي».

صحيفة فاينانشال تايمز

«سميل مُبَدِّد الترهات».

ديفيد كيث، أستاذ بجامعة هارفارد

«في عالم من المفكرين المتخصصين، يعد سميث شخصًا طموحًا ومتعدد الثقافات على نحو مذهل؛ حيث يبذل قصارى جهده».

مجلة وايرد

«سميل أستاذ متميز بكلية البيئة جامعة مانيتوبا، لكنه يجب حقًّا أن يُدرِّس في كل الأقسام».

مجلة ذا نيويورك تايمز

نبذة عن المؤلف

فاكلاف سميل أستاذ فخري متميز بجامعة مانيتوبا، ألّف أكثر من 40 كتابًا في موضوعات مختلفة، من بينها الطاقة، والتغيُّر البيئي والسكاني، وإنتاج الطعام والتغذية، والابتكار التقني، وتقييم المخاطر والسياسة العامة. وهو حاصل على زمالة الجمعية الملكية الكندية والوسام الوطني الكندي.

المحتويات

آلات، وتصميمات، وأجهزة..

اختراعات شكَّلت عالمنا الحديث

الوقود والكهرباء..

تزويد مجتمعاتنا بالطاقة

النقل..

كيف ننتقل هنا وهناك؟

الطعام..

تزويد أنفسنا بالطاقة

البيئة..

تدمير عالمنا وحمايته

مقدمة

يُعَد *هذا الكتاب* متنوعًا، فهو يضم موضوعات مختلفة بدايةً من الناس، والتعدادات السكانية، والدول، وحتى استهلاك الطاقة، والابتكار التقني، والآلات والأجهزة المُميِّزة لحضارتنا الحديثة. وعلى سبيل الاحتياط، فإنه ينتهي ببعض وجهات النظر الواقعية حول مخزون طعامنا وخيارات تغذيتنا، وحال بيئتنا وتدهورها، وهي الموضوعات الكبيرة التي أتناولها في كتبي منذ السبعينيات.

أولاً وقبل كل شيء، يُعنَى هذا الكتاب بتوضيح الحقائق، لكن ذلك ليس أمرًا سهلاً كما قد يبدو: فبينما تعج الشبكة العنكبوتية بالأرقام، فإن الكثير منها غير مؤرَّخ ومجهول المصدر، وكثيرًا ما تتضمن أكوادًا تعريفية للوحدات مُختلفًا عليها، على سبيل المثال، كان الناتج المحلي الإجمالي لفرنسا عام 2010 يبلغ 2.6 تريليون دولار أمريكي، فهل كان هذا الناتج بالقيمة المتداولة أم بالقيمة الثابتة للعملة، وهل تم التحويل من اليورو إلى الدولار بسعر الصرف السائد أم بنظرية تعادل القدرة الشرائية؟ وكيف لك أن تعرف؟

وعلى العكس، فإن الأرقام كلها تقريبًا، الواردة في هذا الكتاب، مأخوذة من أربعة أنواع من المصادر الأساسية: إحصائيات عالمية نشرتها مؤسسات دولية[1]، وحوليات إحصائية أصدرتها مؤسسات

[1] تتنوع ما بين اليوروستات والوكالة الدولية للطاقة الذرية وحتى التوقعات السكانية العالمية للأمم المتحدة ومنظمة الصحة العالمية.

وطنية[2]، وإحصائيات تاريخية مُجمعة من قبل وكالات وطنية[3]، وأوراق بحثية نُشِرَت في مجلات علمية[4]. وهناك قدر بسيط من الأرقام مأخوذ من دراسات علمية، أو دراسات حديثة أجرتها كُبرى الوكالات الاستشارية (التي تشتهر بمصداقية تقاريرها)، أو من استطلاعات الرأي العامة التي تجريها المؤسسات العريقة مثل مؤسسة جالوب أو مركز بيو للأبحاث.

ولفهم ما يجري في عالمنا فعلًا، لا بد لنا بعد ذلك من وضع هذه الأرقام في سياقاتها الصحيحة: التاريخية والعالمية. ولنبدأ بالسياق *التاريخي* مثلاً، فوحدة قياس الطاقة هي واحد جول. والآن تستهلك الأنظمة الاقتصادية الثرية نحو 150 مليار جول (أي 150 جيجاجول) من الطاقة الأولية للفرد سنويًا (وعلى سبيل المقارنة، فإن الطن الواحد من الوقود الخام يساوي 42 جيجاجول)، بينما يبلغ متوسط استهلاك الفرد سنويًا في نيجيريا، وهي الدولة الأفريقية الأكثر ازدحامًا بالسكان (والغنية بالبترول والغاز الطبيعي) 35 جيجاجول فقط. وعندما نتطرق إلى فرنسا أو اليابان نجد الفرق هائلًا، إذ يستهلك الفرد في كلٍ منهما سنويًا نحو خمسة أضعاف هذا القدر من الطاقة، لكن المقارنة التاريخية توضّح الحجم *الحقيقي لهذه* الفجوة: فقد استهلكت اليابان هذا القدر من الطاقة قبل عام 1958 (منذ وقتٍ طويل) وكانت فرنسا قد استهلكت ما متوسطه 35 جيجاجول بحلول عامٍ 1880؛ ما جعل نيجيريا تتخلف عن فرنسا في الوصول إلى الطاقة لمدة تصل إلى الضعف.

---

2 المصادر المفضلة بالنسبة إليَّ نظرًا لتفاصيلها التي لا نظير لها ونوعية بياناتها، هي الحولية الإحصائية لليابان ودائرة الإحصاءات الزراعية الوطنية التابعة لوزارة الزراعة الأمريكية.

3 تشمل الكتاب النموذجي *Historical Statistics of the United States, Colonial Times to 1970*، و*Historical Statistics of Japan*.

4 تتراوح ما بين مجلتي *Biogerontology* و*International Journal of Life Cycle Assessment*.

مقدمة

ليست المفارقات *العالمية* المعاصرة أقل بروزًا من ذلك؛ حيث تكشف مقارنة معدل وفيات المواليد في أمريكا بالمعدل الموجود في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى عن وجود فجوة كبيرة لكنها مُتوقعة، كما أن كون الولايات المتحدة ليست ضمن البلدان العشرة الأولى ذات المعدلات الأقل لوفيات المواليد ليس بالمفاجأة، بالنظر إلى التنوع الكبير في سكانها والمعدلات العالية للهجرة إليها من الدول الأقل تقدمًا؛ لكن قد يعتقد البعض أنها لا تُصنَّف حتى ضمن البلدان الثلاثين ذات المعدلات الأعلى*! وبالطبع تؤدي هذه المفاجأة حتمًا إلى السؤال عن السبب، وهو سؤال يفتح عالمًا من الاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية؛ حيث يتطلب الإدراك الحقيقي لكثيرٍ من الأرقام (بشكل فردي أو كجزء من إحصائيات معقدة) مزيجًا من المعرفتين العلمية والحسابية.

إن الطول (المسافة) هو المعيار الأسهل للاستيعاب، إذ يدرك معظم الناس بشكل جيد طول 10 سنتيمترات (عرض قبضة شخص بالغ مع وضع الإبهام خارج القبضة)، ومتر (المسافة تقريبًا من الأرض إلى خصر الشخص العادي)، وكيلومتر (القيادة مدة دقيقة واحدة عبر المدينة). ولعل السرعات الشائعة (المسافة/الوقت) سهلة أيضًا: فالمشي السريع يكون بمعدل 6 كم/س، والقطار السريع الذي يسير بين المدن يتحرك بمعدل 300 كم/س، والطائرة النفاثة التي يدفعها تيار نفاث قوي تُحلّق بمعدل 1000 كم/س. أما الكتل فيكون «الإحساس» بها أصعب: فعادةً ما يزن الطفل حديث الولادة أقل من 5 كيلوجرامات، وتزن الغزالة الصغيرة أقل من 50 كيلوجرامًا، وتزن بعض الدبابات القتالية أقل من 50 طنًا، وتزن الحمولة القصوى للطائرة طراز إيرباص 380 أكثر من 500

* في عام 2018 جاء ترتيبها الثالث والثلاثين من بين 36 مركزًا بين الدول التي تضمها منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية.

طن. وتعد السعة صعبة بالقدر نفسه: فسعة خزان البنزين لسيارة ركاب صغيرة أقل من 40 لترًا، وعادة ما تكون السعة الداخلية لمنزل أمريكي صغير أقل من 400 متر مكعب. ويكون الشعور بالطاقة والقوة (الجول والوات) أو التيار والمقاومة (الأمبير والأوم) صعبًا من دون استخدام هذه الوحدات باستمرار، لذلك تكون المقارنات ذات الصلة - كالفجوة بين الاستهلاكين الأفريقي والأوروبي للطاقة - أكثر سهولة.

يجلب المال تحديات مختلفة، حيث يُقدِّر معظم الناس مستويات قريبة من دخولهم أو مدخراتهم، لكن المقارنات *التاريخية* على المستويين القومي والعالمي لا بد أن تراعي التضخم، والمقارنات *العالمية* لا بد أن تضع في عين الاعتبار تقلبات سعر الصرف وتغيُّرات القدرة الشرائية.

ثم تأتي بعد ذلك الاختلافات النوعية التي لا يمكن إحصاؤها بالأرقام، وتكون مثل هذه الاعتبارات مهمة على وجه التحديد عند مقارنة التفضيلات الغذائية وأنظمة التغذية. فعلى سبيل المثال، يمكن لمحتوى الكربوهيدرات والبروتين لكل 100 جرام أن يكون متشابهًا إلى حد كبير، لكن ما يُعرَض من الخبز في أحد متاجر مدينة أطلنطا (قطع رقيقة مربعة الشكل مُقطَّعة ومُعبأة في أكياس بلاستيكية) يختلف كل الاختلاف - حرفيًّا - عمَّا قد يُعرَض في متجر *maître boulanger* أو *Bäckermeister* في مدينة ليون أو شتوتجارت.

بينما تتزايد الأرقام، تصبح القيم الأُسِّية (الفروق التي تُقدَّر بعشرة أضعاف) أكثر دلالة من الأرقام المحددة: فالطائرة من طراز إيرباص 380 ذات قيمة أُسية أثقل من القيمة الأُسية لدبابة قتالية، والطائرة النفاثة ذات قيمة أُسية أسرع من السيارة على الطريق السريع، والغزالة ذات قيمة أُسية أثقل من الطفل. أو، باستخدام الكتابة المرتفعة والمضاعفات طبقًا للنظام العالمي للوحدات، فإن الطفل حديث الولادة يساوي 5×10^3

جرامات أو 5 كيلوجرامات، والطائرة من طراز إيرباص 380 تزن أكثر من 5 × 10^{8} جرامات أو 500 مليون جرام. ومع تطرقنا إلى الأرقام الكبيرة، لا يسعفنا كون الأوروبيين (مُحتذين بالفرنسيين) يحيدون عن الترقيم العلمي ولا يسمون القيمة 10^{9} بلايين بل (*يحيا التميز!*) *مليارًا* (ما ينتج عنه *ارتباك متكرِّر*). وقريبًا سيبلغ تعداد السكان في العالم 8 بلايين شخص (أي 8×10^{9})، وفي عام 2019 كان الناتج الاقتصادي العالمي (من الناحية الاسمية) يُقدَّر بنحو 90 تريليون دولار (أي 9 دولارات × 10^{13})، كما أن العالم قد استهلك أكثر من بليون بليون جول من الطاقة (أي 500×10^{18}، أو 5×10^{20}).

ولعل النبأ السار هو أن إتقان معظم هذه الحسابات أسهل مما يعتقد معظم الناس، فلنفترض أنك تركت هاتفك المحمول مدة دقائق قليلة في اليوم (لم أملك واحدًا مطلقًا، ولم أشعر بأن هناك ما ينقصني)، وقدّرت الأطوال والمسافات حولك - فتفقدتها بقبضة يدك ربما (فالقبضة تساوي 10 سنتيمترات كما ذكرنا من قبل) أو من خلال نظام التموضع العالمي (بعد أن عاودت الإمساك بهاتفك المحمول). كذلك يجب عليك محاولة حساب سعة الأشياء التي تتعامل معها (فالناس دائمًا ما يُقلِّلون من تقدير سعة الأشياء الرفيعة رغم كونها كبيرة)، ومن المُسلي جدًّا أن تحسب الفروق في القيم الأُسية (دون أية مساعدة إلكترونية) بينما تقرأ عن تباينات الدخل الوطني الأخير بين المليارديرات وموظفي التعليب بمستودع شركة أمازون (فما مقدار القيم الأُسية التي تُفرِّق بين دخلهم السنوي؟)، أو عندما ترى المقارنة بين معدلات الناتج المحلي الإجمالي للفرد العادي (فما مقدار زيادة القيم الأُسية للمملكة المتحدة على أوغندا؟). سوف تجعلك هذه التدريبات الذهنية على اتصال بالحقائق

المادية للعالم المحيط، مع الحفاظ على توهج وصلاتك العصبية، فإدراك الأرقام يتطلب ببساطة القليل من الاندماج.

آمل أن يساعد هذا الكتاب القراء على فهم الوضع الحقيقي لعالمنا، وآمل أن يدهشك، ويجعلك تتعجب من تميز جنسنا البشري، وإبداعنا، وسعينا لفهم أفضل. وليس هدفي فقط هو إثبات أن الأرقام لا تكذب، بل أيضًا اكتشاف الحقيقة من ورائها.

ملحوظة أخيرة عن الأرقام التي يتضمنها هذا الكتاب - كل الدولارات المذكورة هي بالدولار الأمريكي ما لم أُشر إلى خلاف ذلك، وكل القياسات المذكورة بالمتر، مع بضعة استثناءات مُبرَّرة كالأميال البحرية والبوصات للخشب الأمريكي.

فاكلاف سميل

وينيبيج، 2020

الناس

الذين يسكنون عالمنا

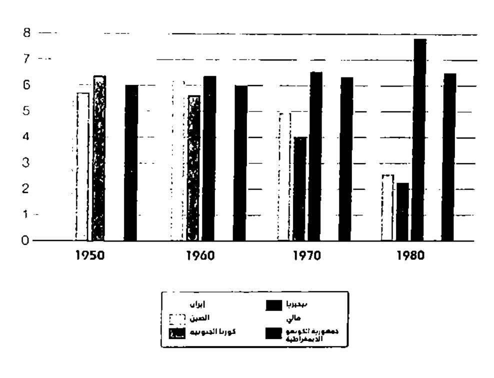
ما الذي يحدث عندما ننجب أطفالًا أقل؟

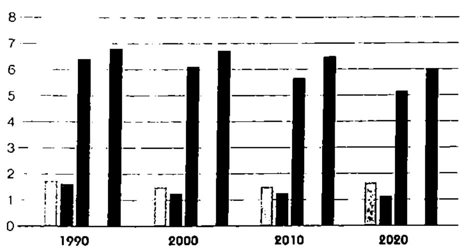
يُمثِّل معدل الخصوبة الكلي عدد الأطفال الذي تنجبه كل امرأة في عمرها، ولعل العقبة الجسدية الأكثر وضوحًا أمام هذا المعدل هي طول فترة الخصوبة (الفترة من بداية الطمث وحتى توقفه). وقد تضاءل سن بداية الطمث من 17 سنة في مجتمعات ما قبل الصناعة إلى أقل من 13 سنة في الغرب اليوم، بينما زاد متوسط سن توقف الطمث قليلًا ليصبح فوق سن الـ 50 قليلًا؛ ما نتج عنه فترة خصوبة عمرها نحو 38 عامًا، مقارنة بنحو 30 عامًا في المجتمعات التقليدية.

تنطوي سنوات الخصوبة على 300 - 400 فترة تبويض، ومع استثناء 10 فترات تبويض من كل حمل، ونظرًا إلى وجوب خصم 5 - 6 فترات تبويض إضافية لكل حمل، وذلك بسبب تضاؤل فرصة الحمل في أثناء فترة الرضاعة الطبيعية المُطولة، يكون أقصى معدل للخصوبة نحو 12 حملًا. ومع بعض الولادات المتعددة يمكن أن يزيد الإجمالي على 24 مولودًا حيًّا، وهو ما تؤكده السجلات التاريخية للسيدات اللاتي أنجبن أكثر من 30 طفلًا.

لكن لطالما كانت المعدلات النموذجية القصوى للخصوبة في المجتمعات التي لا تتبع أيًّا من أنظمة تحديد النسل أقل من هذه المعدلات كثيرًا، وذلك بسبب مزيج من عوامل فقدان الحمل، والأجنة التي تولد متوفية، والعقم، والوفيات النفاسية المبكرة.

معدل الخصوبة السريع يتضاءل في آسيا
مقارنة بثباته في إفريقيا





تُخفِّض هذه الحقائق الحد الأقصى لمعدلات الخصوبة على مستوى جميع السكان إلى 7 ـ 8، وبالطبع كانت هذه المعدلات شائعة في كل القارات حتى القرن الـ 19، وفي أجزاء من آسيا قبل جيلين من الآن، ولا تزال هذه المعدلات هي نفسها في أفريقيا جنوب الصحراء، إذ يصل هذا المعدل في النيجر إلى 7.5 (وهو أدنى قليلًا من الحجم المُفضل للأسرة هناك: فبالبحث وجدنا أن متوسط عدد الأطفال الذي تفضله السيدات النيجيريَّات هو 9.1!). لكن حتى في هذا الإقليم تضاءل معدل الخصوبة الكلي - رغم كونه لا يزال عاليًا - (ليصل إلى 5 ـ 6 في معظم تلك البلدان)، بينما أصبحت الآن معدلات الخصوبة الكلية في بقية أنحاء العالم متوسطة، ومنخفضة، وشديدة الانخفاض.

لقد بدأ الانتقال إلى هذا العالم الجديد في أوقات مختلفة، ليس بين المناطق المختلفة وحسب بل أيضًا داخل المناطق نفسها: حيث كانت فرنسا متقدمة بفارق كبير عن إيطاليا، وكانت اليابان متقدمة بفارق كبير عن الصين - وأخيرًا اتخذت الصين الخاضعة للنظام الشيوعي الخطوة الجذرية لتقليص حجم الأسر، فيكون لكل أسرة طفل وحيد. هذا بالإضافة إلى الرغبة في تقليل عدد الأطفال من قبل المجموعات المتعاونة من الأسر ذات مستوى المعيشة المرتفع بوتيرة تدريجية، وميكنة الأعمال الزراعية، وإحلال الآلات محل الحيوانات والبشر، وانتشار التحول الصناعي، والتحضر على نطاق واسع، وزيادة أعداد القوة العاملة من الإناث في الحضر، وارتفاع مستوى التعليم في أنحاء العالم، وتحسن الرعاية الصحية، وارتفاع معدل نجاة حديثي الولادة، والمعاشات المكفولة من قبل الحكومة.

لقد تحوَّل البحث التاريخي عن الكم، بسرعة أحيانًا، إلى البحث عن الجودة؛ حيث بدأت مزايا الخصوبة العالية (من ضمان النجاة من

معدلات وفاة المواليد، والإمداد بمزيد من القوة العاملة، وتوفير التأمينات لكبار السن) تضعف ثم تختفي بعد ذلك، وصارت الأسر الأصغر تستثمر بشكلٍ أكبر في أطفالها، وفي رفع مستوى معيشتهم، بدءًا من توفير التغذية الأفضل عادة (مزيد من اللحوم والفواكه الطازجة، والإكثار من الأكل خارج المنزل) وانتهاءً بزيارة الشواطئ الاستوائية البعيدة بسيارات الدفع الرباعي الرياضية أو بالطائرات.

ومثلما الحال بالنسبة لكثير من النقلات الاجتماعية والتقنية، يستغرق المبتكرون وقتًا طويلًا للتغيير، بينما يتمه بعض من يتبنون ذلك التغيير من المتأخرين في مدة جيلين وحسب. أيضًا استغرق الانتقال من معدل الخصوبة العالية إلى معدل الخصوبة المنخفضة نحو قرنين من الزمان في الدنمارك ونحو 170 عامًا في السويد، وعلى العكس انخفض معدل الخصوبة الكلي في كوريا الجنوبية من أكثر من 6 إلى ما هو أدنى من معدل الإحلال في 30 عامًا فقط، وحتى قبل تطبيق سياسة الطفل الواحد، انخفض معدل الخصوبة في الصين من 6.4 عام 1962 إلى 2.6 عام 1980، بينما كانت الدولة حاملة الرقم القياسي غير المتوقعة هي إيران، ففي عام 1979، عندما تغير النظام السياسي داخل إيران، بلغ متوسط معدل الخصوبة هناك 6.5، لكنه انخفض بحلول عام 2000 إلى ما هو أدنى من مستوى الإحلال وواصل الانخفاض.

إن مستوى إحلال الخصوبة هو ما يحافظ على مستوى الكثافة السكانية مستقرًّا، ويُمثِّل نحو 2.1 زائد نسبة إضافية لازمة للتعويض عن الفتيات اللاتي لن يعشن حتى سن الخصوبة. ولم يستطِع أي بلد إيقاف انخفاض معدل الخصوبة حتى مستوى الإحلال وتحقيق ثبات الكثافة السكانية، إذ تعيش نسبة متزايدة من البشر في مجتمعات ذات معدلات خصوبة أدنى من مستوى الإحلال، ففي عام 1950، عاش 40 % من

البشر في بلدان تزيد معدلات الخصوبة فيها على 6، بينما كان متوسط المعدل نحو 5، وبحلول عام 2000 أصبحت نسبة 5 % فقط من سكان العالم تعيش في بلدان تزيد معدلات الخصوبة فيها على 6، بينما كان متوسط المعدل (2.6) يقترب من مستوى الإحلال. ومن ثم، فإنه بحلول عام 2050 سيعيش نحو ثلاثة أرباع البشر في بلدان ذات معدل خصوبة أدنى من مستوى الإحلال.

وكان لهذه النقلة التي تكاد تكون عالمية تداعيات ديموغرافية، واقتصادية، وإستراتيجية، فقد تضاءلت أهمية أوروبا (إذ كانت هذه القارة تضم عام 1900 نحو 18% من سكان العالم، بينما في عام 2020 أصبحت تضم 9.5 % منهم فقط) وزادت أهمية آسيا (التي ضمت 60 % من إجمالي سكان العالم عام 2020)، لكن معدلات الخصوبة المرتفعة إقليميًا تضمن أن تكون إفريقيا موطنًا لنحو 75 % من جميع المواليد خلال فترة الـ50 عامًا التي تتوسط عامي 2020 و2070.

لكن ما الذي يخبئه المستقبل للدول التي قلَّت معدلات الخصوبة فيها عن مستوى الإحلال؟ إذا ظلت المعدلات المحلية قريبة من مستوى الإحلال (أي ما لا يقل عن 1.7، إذ سجّلت فرنسا والسويد 1.8 عام 2019)، تكون هناك فرصة جيدة لارتفاع محتمل في المعدلات في المستقبل، أما إذا انخفضت عن 1.5، تزايد عدم احتمالية هذا الارتفاع: ففي عام 2019، تم تسجيل المعدل المنخفض 1.3 في إسبانيا، وإيطاليا، ورومانيا، والمعدل 1.4 في اليابان، وأوكرانيا، واليونان، وكرواتيا، ومن ثم يبدو أن الانخفاض التدريجي في نسبة الكثافة السكانية (بكل ما يصاحبه من تداعيات اجتماعية واقتصادية وإستراتيجية) سيُكون مستقبل اليابان والعديد من الدول الأوروبية. فحتى الآن لم تحدث أية سياسات حكومية داعمة للتناسل؛ أية قفزات بارزة، والخيار الواضح الوحيد لمنع انخفاض

الناس الذين يسكنون عالمنا

الكثافة السكانية هو الترحيب بالمهاجرين - لكنه يبدو أمرًا غير وارد الحدوث.

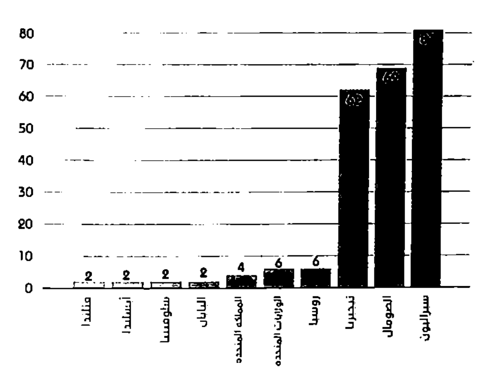
ما المؤشر الأفضل لجودة الحياة؟
جرِّب مُعدَّل وفيات المواليد

عند البحث عن المعايير الأكثر كشفًا لجودة حياة البشر، يُفضِّل علماء الاقتصاد - المستعدون دومًا لاختزال كل شيء في المال - الاعتماد على قيم الناتج المحلي الإجمالي للفرد، أو قيم الدخل القابل للتصرف، لكن من الواضح أن كلا القياسين محل شك، حيث يرتفع الناتج المحلي الإجمالي في المجتمع الذي تتطلب فيه الوتيرة المتزايدة للعنف مزيدًا من حفظ الأمن، ومزيدًا من الاستثمار في الإجراءات الأمنية، ومزيدًا من الحالات التي تستدعي دخول المستشفى، كما لا يعطينا متوسط الدخل القابل للتصرف أية معلومات حول درجة التفاوت الاقتصادي، أو صافي الربح الذي تحصل عليه الأسر الفقيرة. وعلى الرغم من ذلك، فإن هذه المعايير تعطينا تقييمًا عامًا جيدًا للدول المختلفة، فليس هناك الكثيرون ممن يفضلون العيش في العراق مثلًا (الذي سجل عام 2018 ناتجًا محليًا اسميًا يُقدَّر بنحو 6000 دولار) على العيش في الدنمارك (التي سجلت عام 2018 ناتجًا محليًا اسميًا يُقدّر بنحو 60.000 دولار). ومما لا شك فيه أن متوسط جودة الحياة في الدنمارك أعلى منه في رومانيا: فرغم انتماء كلٍّ منهما لأوروبا، فإن الدخل القابل للتصرف أعلى في الأولى بنسبة 75 % من الثانية.

ومنذ عام 1990، أصبح البديل الأكثر شيوعًا هو مؤشر التنمية البشرية، وهو معيار متعدد المتغيرات تم وضعه لمنح قياس أفضل،

وهو يجمع بين متوسط العمر المتوقع عند الولادة والإنجازات التعليمية (سنوات الدراسة المتوقعة ومتوسطها) وبين الدخل القومي الإجمالي للفرد - لكنه ذو صلة كبيرة بمتوسط الناتج المحلي الإجمالي للفرد (ولا عجب في ذلك)؛ ما يجعل المتغير الأخير معيارًا جيدًا لقياس جودة الحياة باعتباره مؤشرًا أكثر دقة.





إنني أختار معدل وفيات الأطفال باعتباره مقياسًا لمتغير واحد بهدف إجراء مقارنات سريعة وكاشفة لجودة الحياة: ويشير هذا المعدل إلى عدد الوفيات خلال السنة الأولى من العمر، والتي تحدث مقابل كل 1000 مولود حيٍّ.

ما المؤشر الأفضل لجودة الحياة؟ جرِّب مُعدَّل وفيات المواليد

ويعد معدل وفيات الأطفال مؤشرًا قويًّا؛ لأن المعدلات المنخفضة يستحيل تحقيقها ما لم تكن هناك مجموعة متعددة من الظروف المهمة التي تُعرِّف الجودة المرتفعة للحياة - كالرعاية الطبية الجيدة بوجه عام، ورعاية ما قبل الولادة، ورعاية قرب الولادة، ورعاية حديثي الولادة بوجه خاص، والتغذية السليمة للأم والطفل، والظروف المعيشية المناسبة والصحية، وإمكانية تقديم الدعم الاجتماعي للأسر الفقيرة - كما تعتمد على الإنفاق الحكومي والخاص ذي الصلة، وكذلك على البنى التحتية والدخول التي يمكنها الحفاظ على الاستخدام وإمكانية الوصول، ولذلك يتطلب المتغير الواحد عددًا من الشروط المسبقة للنجاة شبه العالمية من الفترة الأكثر خطورة في حياة الإنسان: عامه الأول.

لقد كانت معدلات الوفيات في المجتمعات قبل الصناعية مرتفعة بشدة على حدٍّ سواء، فحتى بحلول عام 1850 كانت المعدلات في غرب أوروبا والولايات المتحدة في ارتفاع يتراوح بين 200 و300 (ما يعني أن نسبة تتراوح بين خُمس إلى ثُلث الأطفال لم تكن تنجو من أيامها الـ365 الأولى). وبحلول عام 1950، انخفض متوسط المعدلات في العالم الغربي إلى 35 - 65 (ما يعني وفاة طفل واحد بالضبط من كل 20 طفلاً حديث الولادة في عامه الأول)، والآن أصبحت أقل المعدلات في الدول الغنية أدنى من 5 (ما يعني غياب طفل واحد من كل 200 طفل عن عيد مولده الأول). وبعد استثناء البلدان متناهية الصغر - من أندورا وأنجويلا إلى موناكو وسان مارينو - تصبح لدينا مجموعة مكونة من 35 دولة، يقل فيها معدل الوفيات لنسبة 5 من كل 1000 طفل تبدأ من اليابان (بمعدل 2) حتى صربيا (أقل من 5 بالضبط)، وتوضح الدول التي تتصدر هذه المجموعة سبب عدم إمكانية استخدام هذا المعيار للترتيب المبسط دون الإشارة إلى الظروف الديموغرافية الأشمل.

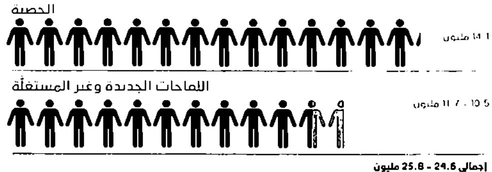
ولعل الدول ذات المعدلات الأدنى لوفيات الأطفال صغيرة في الغالب (إذ يقل تعدادها السكاني عن 10 ملايين نسمة، وعادةً ما يكون أقل من 5 ملايين)، وتضم هذه الدول المجتمعات الأكثر تجانسًا (كاليابان وكوريا الجنوبية في آسيا، وأيسلندا، وفنلندا، والنرويج في أوروبا)، كما أن معدلات المواليد منخفضة جدًّا في معظم هذه البلدان. لكن من الواضح أن الوصول إلى معدلات وفيات أطفال منخفضة. والحفاظ عليها يكون أكثر صعوبة في المجتمعات الأكبر وغير المتجانسة ذات المعدلات المرتفعة من المهاجرين الوافدين من الدول الأقل ثراءً. وكذلك في الدول ذات معدلات الولادة المرتفعة، ونتيجة ذلك، قد يصعب تكرار المعدل الذي حققته أيسلندا (3) في كندا (التي يكون معدل وفيات الأطفال فيها 5)، لكونها دولة ذات تعداد سكاني أكبر بـ100 مرة إضافة إلى كونها ترحب سنويًّا بوافدين جدد (من بلدان عديدة، غالبيتهم من الدول الأسيوية الأقل دخلاً) تتساوى أعدادهم مع التعداد الكلي لسكان أيسلندا. وتؤثر الحقائق نفسها على الولايات المتحدة، إلا أن معدل وفيات الأطفال المرتفع نسبيًّا هناك (6) يتأثر بلا شك (مثلما يتأثر المعدل الكندي، لكن بنسبة أقل) بالتفاوت الاقتصادي المرتفع.

ومن ثم، يكون معدل وفيات الأطفال مؤشرًا أكثر دقة لجودة الحياة من متوسط الدخل، أو مؤشر التنمية البشرية، لكنه لا يزال يفتقر إلى بعض الشروط: فليس هناك مؤشر واحد كاف تمامًا لقياس جودة الحياة في بلد ما. لكن لا شك في أن معدلات وفيات الأطفال تظل مرتفعة بصورة غير مقبولة في عدد كبير من دول أفريقيا جنوب الصحراء، فمعدلاتها (أكثر من 60 من كل 1000) تتساوى مع نظيراتها في غرب أوروبا قبل نحو 100 سنة، وهي مدة زمنية تثير الفجوة التنموية التي يجب على تلك الدول سدها كي تلحق بالدول الغنية.

أفضل عائد على الاستثمار: التلقيح

قد تظل الوفاة الناتجة عن الأمراض المُعدية في مرحلتي الرضاعة والطفولة المصير الأقسى في العالم الحديث، وواحدة من أكثر العوامل التي لا يمكن اتقاؤها، ولا يمكن ترتيب الإجراءات اللازمة لتقليل هذه الوفيات المبكرة حسب الأهمية: فمياه الشرب النظيفة، والتغذية السليمة، عاملان محوريان بقدر الوقاية من الأمراض والمرافق الصحية السليمة. لكنك إذا قيَّمتها حسب نسبة التكلفة والفائدة، تجد التلقيح هو الرابح الأكبر.

عدد الوفيات المستقبلية التي يحتمل أن يمنعها اللقاح



يعود التلقيح الحديث إلى القرن الـ18، عندما قدَّم الطبيب «إدوارد جينر» اللقاح المضاد للجُدري، وقد تم تصنيع اللقاحات المضادة للكوليرا

والطاعون قبل الحرب العالمية الأولى، وأخرى مضادة للسُل، والكزاز، والخُنّاق قبل الحرب العالمية الثانية. وقد شملت أعظم اختراعات ما بعد الحرب اللقاحات الروتينية المضادة للشاهوق (السعال الديكي) وشلل الأطفال. واليوم، أصبح الإجراء المتبع في كل مكان تلقيح الأطفال بلقاح خماسي التكافؤ مضاد للخُنّاق، والكزاز والسعال الديكي، وشلل الأطفال، وكذلك التهاب السحايا، والتهاب الأذن، والالتهاب الرئوي، وهي ثلاثة أنواع من العدوى تُسببها بكتيريا *المستدمية النزلية* من النوع ب. وتكون الجرعة الأولى بعد 6 أسابيع من الولادة، تتبعها الجرعة الثانية في عمر 10 و14 أسبوعًا. وتكون تكلفة كل لقاح خماسي التكافؤ أقل من 1 دولار، ويُقلِّل كل طفل حاصل على اللقاح فرص العدوى بين أقرانه غير الحاصلين عليه.

وبالنظر إلى هذه الحقائق، لطالما كان من الواضح أن التلقيح له نسبة تكلفة وفائدة مرتفعة بدرجة استثنائية، رغم كونها من النوع الذي يصعب قياسه كميًّا، لكن بفضل دراسة أُجريت عام 2016 دعمتها مؤسسة بيل وميلندا جيتس، وأجراها متخصصو الرعاية الطبية الأمريكيون بجامعات بالتيمور، وبوسطن، وسياتل، يمكننا أخيرًا قياس المردود. وكان موضوع الدراسة العائد من الاستثمار في المستويات المُتوقَّع تغطيتها بالتلقيح في نحو 100 من الدول منخفضة ومتوسطة الدخل خلال العقد الثاني من هذا القرن - عقد اللقاحات.

وكانت نسب الفائدة والتكلفة تعتمد من ناحية على التوريد والتسليم، ومن ناحية أخرى على تقديرات التكلفة المُتجنَّبة من الحالات المرضية والوفيات؛ فمع كل دولار يتم استثماره في التلقيح، من المتوقع توفير 16 دولارًا من تكلفة الرعاية الطبية، والأجور الضائعة، والإنتاجية المُهدَرة الناتجة عن المرض والوفاة.

أفضل عائد على الاستثمار: التلقيح

وعندما تجاوز التحليل نطاق تكلفة المرض، وبحث في المزايا الاقتصادية الأشمل، وُجِد أن صافي نسبة التكلفة والفائدة كان أعلى من الضعف؛ حيث وصلت إلى 44 ضعفًا، ومدى شك يتراوح من 27 إلى 67. وكانت أعلى المكاسب لحساب الوقاية من الحصبة: عائدًا بنسبة 58 ضعفًا.

وقد بعثت مؤسسة جيتس نتيجة فائدة الـ44 ضعفًا في شكل خطاب لـ «وارين بافيت»، وهو المتبرع الأكبر للمؤسسة في الخارج، ولا بد أنه انبهر هو الآخر بمثل هذا العائد من الاستثمار!

ويظل هناك شوط يجب قطعه، فبعد أجيال من التقدم، أصبحت الآن التغطية الأساسية للتلقيح في الدول مرتفعة الدخل عالمية تقريبًا، بنسبة تقترب من 96 %، كما تم تحقيق إنجازات عظيمة في الدول منخفضة الدخل؛ حيث زادت التغطية من 50 % فقط عام 2000 إلى 80 % عام 2016.

قد يتمثل الجزء الأصعب في التبديد التام لخطر الأمراض المُعدية، ولعل شلل الأطفال هو المثال التوضيحي الأفضل لهذا التحدي: انخفض معدل العدوى على مستوى العالم من 400.000 حالة في عام 1985 إلى أقل من 100 حالة بحلول عام 2000. لكن في عام 2016 كانت لا تزال هناك 37 حالة مُصابة بشلل الأطفال في المناطق التي يكتنفها العنف في شمال نيجيريا، وأفغانستان، وباكستان. وكما اتضح في الفترة الأخيرة بفعل الفيروسات إيبولا، وزيكا، وكوفيد – 19، ستظهر مخاطر جديدة للعدوى، وتظل اللقاحات هي السبيل الأنسب للسيطرة عليها.

لماذا يصعب تحديد مدى سوء الجائحة في أثناء حدوثها؟

لقد كتبت النسخة الأولى من هذا الفصل في نهاية مارس عام 2020، في أثناء الموجة الهائلة الأولى من جائحة كوفيد - 19 في أوروبا وأمريكا الشمالية، وبدلًا من أن أقدم فيه تقديرًا أو توقعًا آخر (وهو ما كان سيلغي الفصل على الفور)، قررت أن أفسِّر حالات عدم اليقين التي تُعقِّد دومًا حكمنا على الأمور، وتفسيرنا للإحصائيات في مثل هذه المواقف العصيبة.

لعل سبب المخاوف التي تولدها الجائحة الفيروسية هو مُعدل الوفيات العالي نسبيًّا، لكن من المستحيل تحديد هذه المعدلات بدقة في أثناء انتشار العدوى - كما يصعب الأمر نفسه حتى بعد انتهاء الجائحة. فالمنهجية الأكثر اتباعًا في حالات الأوبئة هي حساب خطر إماتة الحالات: عدد الوفيات المؤكدة جراء الفيروس مقسومًا على عدد الحالات، وفيها يكون البسط واضحًا (حيث يكون سبب الوفاة موضحًا في شهادات الوفاة) كما يكون مؤكدًا في معظم الدول المُحتسبة، لكن اختيار المقام يسبب الكثير من عدم اليقين، فأي «حالات» يمثل؟ هل هي حالات العدوى المؤكدة مختبريًّا فقط، أم كل الحالات التي ظهرت عليها الأعراض (بما فيها الأفراد الذين لم يتم إجراء الاختبارات لهم لكن ظهرت عليهم الأعراض المُتوقعة)، أم العدد الكلي لحالات العدوى، بما فيها الحالات التي لم تظهر عليها أعراض؟ فالحالات التي تُجرى لها

الاختبارات معروفة بالدقة العالية، لكن العدد الكلي لحالات العدوى لا بد أن يتم تقديره إما بالاعتماد على الدراسات السيرولوجية للسكان بعد الجائحة (أي الكشف عن الأجسام المضادة في الدم)، وإما باستخدام معادلات النمو المختلفة لحساب انتشار الوباء سابقًا، وإما بافتراض المضاعفات العددية الأكثر احتمالاً (س من الحالات أُصيب بالعدوى ص من الحالات التي توفيت بالفعل).

الفرق بين الوفيات لكل 100,000 حالة خلال جائحة الأنفلونزا عام 2009 حسب حجم المقام

حسب الحالات التي ظهرت عليها الأعراض

1 5 10 50 100 500 1,000 5,000 10,000

الوفيات لكل 100,000 حالة (مقياس لوغاريتمي)

أوضحت دراسة مُفصلة لحالات الوفيات جراء الإصابة بجائحة الأنفلونزا عام 2009 - التي بدأت في أمريكا في يناير من عام 2009، وكان انتشارها بطيئًا في بعض المناطق حتى أغسطس من عام 2010، والتي سبّبها فيروس جديد يُعرف باسم "H1N1" - حجم عدم اليقين الذي أحدثته هذه الجائحة، حيث كانت الوفيَّات المؤكدة تأتي دومًا في البسط، أما بالنسبة للمقام فكانت هناك 3 تصنيفات مختلفة لتعريف الحالات: الحالات المؤكدة مُختبريًّا، والحالات التي ظهرت عليها الأعراض حسب التقديرات، وحالات العدوى التي تم تقديرها (استنادًا إلى دراسة

التفاعل مع مصل الدم، أو الافتراضات المتعلقة بانتشار الحالات التي أُصيبت بالعدوى ولم تظهر عليها أعراض). وقد كانت الفروق الناتجة كبيرة جدًّا، حيث تراوحت من أقل من حالة وفاة واحدة إلى أكثر من 10.000 حالة وفاة من كل 100.000 فرد.

وكما هو مُتوقّع، سجَّل نهج الوفيات المؤكدة مُختبريًّا نسبة الخطر الأعلى (من 100 إلى 5.000 حالة وفاة غالبًا)، بينما سجل نهج الوفيات التي ظهرت عليها الأعراض عددًا يتراوح بين 5 - 50 حالة وفاة، وسجّل الحساب التقديري لأعداد المصابين بالعدوى في المقام 1 - 10 حالة وفاة فقط لكل 100000 حالة: أي أن النهج الأول قد أظهر معدل إماتة أعلى بـ 500 ضعف من النهج الأخير!

نواجه حالة عدم اليقين نفسها في عام 2020، مع انتشار وباء كوفيد - 19 (الذي سببه فيروس كورونا، سارس - كوف - 2)، بدأت جائحة كوفيد - 19 في مدينة ووهان، وهي عاصمة محافظة هوبي الصينية، نهاية عام 2019، وبحلول 30 مارس من عام 2020، عندما بدا أن الأسوأ على الإطلاق قد انتهى، أوردت الإحصائيات الصينية الرسمية 50.006 حالة في المدينة و2547 حالة وفاة. وفي 17 إبريل رفعت الصين حصيلة الوفيات إلى ما هو أكثر من 50 % بقليل ليصل العدد إلى 3869 - لكن لم يتم تسجيل أية حالات وفاة جديدة بحلول نوفمبر من عام 2020، بينما ارتفع عدد الحالات ارتفاعًا هامشيًّا فقط ليصل إلى 50.340 حالة . ولم يكن هناك تأكيد مستقل على أن هذه الإحصاءات الكلية مشكوك فيها، ومن غير الوارد أن نعرف الأعداد الحقيقية مطلقًا، ذلك بينما تشير الأرقام الرسمية إلى أن أقل من 0.5 % من 11.1 مليون من سكان مدينة ووهان قد أُصيبوا بالفيروس، وهي نسبة ضئيلة بدرجة لا تُصدق مقارنةً بأعداد المصابين بالأنفلونزا

الموسمية، أما معدل إماتة الحالات فكان مرتفعًا نوعًا ما حيث جاء بنسبة 7.7 %.

وقد أوضحت الأرقام الأمريكية المؤقتة أنه بحلول 11 نوفمبر، أي بعد 8 أشهر من إعلان منظمة الصحة العالمية عن بداية الوباء، كان معدل إماتة الحالات جرّاء كوفيد - 19 والوفيات العامة أعلى كثيرًا من معدل الوفيات الذي تسببه الأنفلونزا الموسمية - وكانت الأعداد لا تزال تواصل الارتفاع. وقد قدّرت مراكز السيطرة على الأمراض والوقاية منها أعداد المصابين بالأنفلونزا الموسمية متوسطة الحدة نسبيًّا في أمريكا في عامي 2019 - 2020 بـ38 مليون أمريكي (من أصل التعداد الكلي للسكان المُقدَّر بنحو 330 مليونًا)، وأنها نتج عنها 22.000 حالة وفاة، وهو ما يعني إصابة نحو 12 % من التعداد الكلي للأمريكيين بالعدوى، ووفاة نحو 0.06 % منهم (معدل إماتة الحالات)؛ ذلك في حين أن معدل الوفيات النوعي الكلي للمصابين بالأنفلونزا ربما يُقدَّر بـ1000/0.07 (أي وفاة أقل من حالة واحدة من بين كل 10000 حالة). وبحلول 11 نوفمبر من 2020، أُصيب نحو 10.5 مليون أمريكي (أي أكثر من 3 % قليلاً من السكان) بفيروس سارس - كوف - 2، وتوفي منهم 245.000 شخص؛ وهو ما يعني أن معدل إماتة الحالات المصابة بفيروس كوفيد - 19 (2.34 %) أعلى بنحو 40 ضعفًا من معدل إماتة الحالات المصابة بالأنفلونزا الموسمية لعامي 2019 - 2020، بينما معدل الوفيات النوعي الكلي لفيروس كوفيد هو 0.74 %، أو نحو 11 ضعف معدل الأنفلونزا الموسمية. كما كان العدد الكلي لحالات الوفاة التي وقعت لأسباب متعلقة بالإصابة بفيروس كوفيد - 19 (وتمثل زيادة في الوفيات، حيث فاقت حالات الوفاة العدد الكلي الطبيعي المتوقع) أعلى - لكن مثلما يحدث مع الجوائح كلها، سيكون

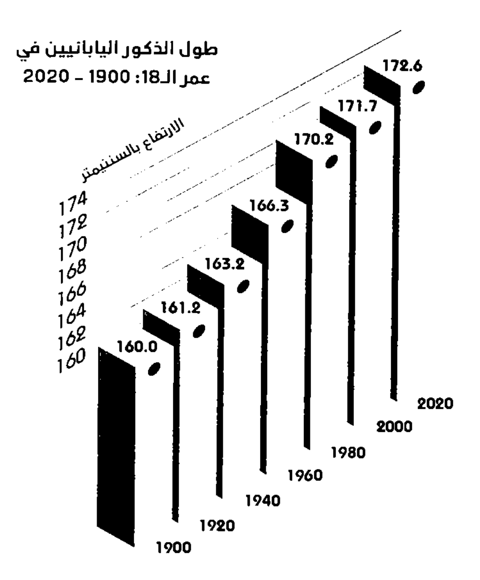
علينا الانتظار حتى يأخذ فيروس كوفيد - 19 مجراه كي تصبح لدينا فكرة واضحة عن مدى سوء الجائحة.

عندها فقط سيمكننا حساب الأرقام الفعلية - أو حتى التوصل إلى أفضل تقديراتنا، نظرًا لأننا قد لا نعرف مطلقًا العدد الكلي للمصابين محليًا وعالميًا - ومقارنة معدلات إماتة الحالات الناتجة عن الإصابة بالفيروس، والتي قد لا تقل عن أعداد وباء 2009. ويُعتبر هذا واحدًا من الدروس الأساسية في الجبر: فقد تكون متأكدًا تمامًا من البسط، لكنك ما لم تكن متأكدًا بالدقة نفسها من المقام، لا يمكنك حساب المعدل الدقيق، ولن يتلاشى عدم اليقين بصورةٍ تامة. لكن بحلول الوقت الذي تقرأ فيه هذه السطور، سيكون فهمنا للانتشار الحقيقي للوباء الأخير، ومدى حدته أفضل منه في أثناء كتابة هذه السطور في موجة (مارس) الأولى وموجة (نوفمبر) الثانية من تفشي الوباء على مستوى العالم. أثق بأنك ستكون لا تزال تقرأ.

زيادة الطول

كالكثير من الاستفهامات الأخرى في الحالة البشرية، أُجريت الدراسات المتأخرة حول طول الإنسان في القرن الـ18 في فرنسا، حيث ظل «فيليب جينو دي مونتبيلارد» يقيس طول ابنه في الفترة ما بين عامي 1759 و1777 كل ستة أشهر - منذ ولادته وحتى ذكرى مولده الـ18 - ونشر «جورج دي بوفون» جدول قياسات الولد في ملحق عام 1777 لكتابه الشهير *التاريخ الطبيعي*. لكن ابن «مونتبيلارد» كان طويلًا في زمنه (فكان كشخص بالغ في بداية شبابه في طول الرجل الهولندي العادي اليوم)، ولم نرَ بيانات منهجية على نطاق واسع حول طول الإنسان ونمو الأطفال والمراهقين حتى ثلاثينيات القرن التاسع عشر، حيث ظهرت الدراسة الرائعة لكلٍ من «إدوارد ميليه» و«أدولف كوتلي» حول طول البشر.

ومنذ ذلك الوقت بدأنا ندرس جوانب الطول البشري كلها، بدايةً من زيادته المتوقعة بتقدم العمر وعلاقته بالوزن، وحتى العوامل الغذائية والجينية المُحددة له والفوارق الجنسانية بين طفرات النمو. ونتيجةَ ذلك، صرنا نعرف - بدقة عالية - الارتفاعات المتوقعة (والأوزان) للأعمار المختلفة، فإذا ذهبت أم أمريكية شابة إلى طبيب الأطفال بصحبة طفلها ذي العامين الذي يصل طوله إلى 93 سنتيمترًا، فسيخبرها الطبيب بأن طفلها أطول من 90 % من أقرانه من الأطفال.



وبالنسبة للمهتمين بقياسات زيادة الطول على المدى البعيد؛ وكذلك
المقارنات العالمية الكاشفة، فإن واحدة من أفضل نتائج الدراسات المنهجية
الحديثة للنمو هي التاريخ المُوثَّق بدقة لزيادة متوسط الطول، ورغم أن التقزُّم
(النمو غير الملائم للأطفال الصغار الذي ينتج عنه نقصٌ في الطول بما
يتناسب مع العمر) لا يزال منتشرًا في العديد من البلدان الفقيرة، فإن
انحسر انتشاره عالميًّا - غالبًا بفضل التطور السريع في الصين - من نسب

نحو 40 % في عام 1990 إلى نسبة تقدر بنحو 22 % عام 2020، وقد كانت زيادة الطول نزعة سائدة في العالم في القرن الـ20.

وقد حفَّز تحسن الصحة وتحسن التغذية - وعلى رأسها، الحصول على حصص كبيرة من البروتين الحيواني عالي الجودة (الحليب، ومنتجات الألبان، واللحوم، والبيض) - هذه النقلة. وترتبط زيادة الطول بعدد كبير بدرجة مذهلة من المزايا، ولا تتضمن هذه المزايا زيادة معدلات الحياة المتوقعة، بل ترتبط بانخفاض خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية، وكذلك قدرة معرفية أعلى، ومتوسط دخل أعلى طوال الحياة، ومكانة اجتماعية أعلى. وقد تم توثيق العلاقة بين الطول والدخل للمرة الأولى في عام 1915، وتم التصديق عليها منذ ذلك الوقت مرارًا، وذلك بالنسبة لمجموعات من الأفراد تتنوع ما بين عمال مناجم فحم هنود وحتى مديرين تنفيذيين سويديين، وعلاوةً على ذلك، فقد أوضحت الدراسة الأخيرة أن المديرين التنفيذيين للشركات ذات الأصول الأكبر كانوا أطول!

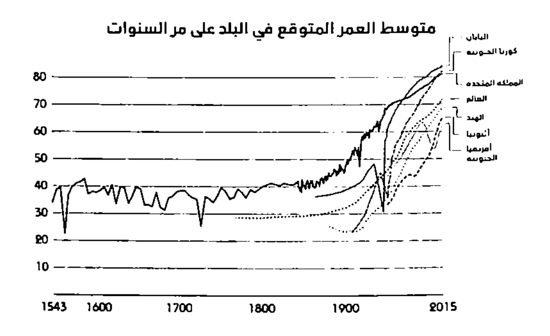
ولعل النتائج التي تخص نطاقًا واسعًا من السكان على المدى الطويل مذهلة بالقدر نفسه، فقد كان متوسط طول الذكور في المجتمع الأوروبي ما قبل الصناعي يتراوح ما بين 169 و171 سنتيمترًا، وكان المتوسط العالمي نحو 167 سنتيمترًا، كما توضح مجموعة وافرة من بيانات القياسات البشرية في 200 دولة زيادة متوسطة على مدار القرن الـ20 تُقدَّر بـ8.3 سنتيمتر للإناث البالغات و8.8 سنتيمتر للذكور البالغين. وقد زاد طول السكان في كل من بلدان أوروبا وأمريكا الشمالية، بينما سجلت الإناث في كوريا الجنوبية متوسط الزيادة الأكبر لدى الإناث في القرن العشرين (20.2 سنتيمتر) واحتل الذكور الإيرانيون قمة التسلسل الذكري بـ16.5 سنتيمتر من حيث زيادة الطول. وتكشف البيانات اليابانية المُفصَّلة، التي تم تسجيلها منذ عام 1900 لكلا الجنسين في 12 مرحلة

عمرية مختلفة ما بين 5 سنوات و24 سنة، كيف يتأثر النمو بالتقييدات الغذائية والتحسينات: ففي الفترة ما بين عامي 1900 و1940 زاد متوسط طول الأولاد الذين يبلغون 10 أعوام بنسبة 0.15 سنتيمتر/ سنة، لكن تأثرت هذه الزيادة بنقص الغذاء في فترات الحرب، لتصبح 0.6 سنتيمتر/سنة؛ ثم استكملت هذه الزيادة السنوية طريقها في عام 1949، ووصل متوسطها في النصف الثاني من القرن إلى 0.25 سنتيمتر/سنة. وبالمثل، توقفت زيادة الطول في الصين بفعل المجاعة الأكبر في العالم (1959 - 1961)، لكن ظل الذكور في المدن الكبيرة يسجلون متوسط زيادة في الطول تبلغ 1.3 سنتيمتر/سنة في النصف الثاني من القرن الـ20. وعلى العكس، تُبين القياسات في النصف الثاني من القرن الـ20 زيادة ضئيلة في الهند ونيجيريا، مع غيابها في أثيوبيا، وتضاؤل طفيف في بنجلاديش.

إذن، فما الدولة التي يعد مواطنوها الأطول؟ بالنسبة للذكور فإن أصحاب الأرقام القياسية هم من مواطني هولندا، وبلجيكا، وإستونيا، ولاتفيا، والدنمارك، وبالنسبة للإناث فهن من مواطنات لاتفيا، وهولندا، وإستونيا، وجمهورية التشيك، وصربيا؛ أما المجموعة الأطول (التي يتجاوز متوسط طولها 182.5 سنتيمتر) فهي من مواطني الدنمارك المولودين في الربع الأخير من القرن الـ20. وقد كان الحليب من عناصر النمو الأساسية، سواء في اليابان أو هولندا. فقبل الحرب العالمية الثانية، كان الذكور الهولنديون أقصر قامةً من الذكور الأمريكيين، لكن بعد عام 1950 تراجع الاستهلاك الأمريكي للحليب، بينما زاد في هولندا حتى ستينيات القرن الـ20، ولا يزال أعلى منه في الولايات المتحدة. ولعل الدرس واضح: إن الوسيلة الأسهل لتعزيز فرص الطفل في زيادة الطول هي شرب المزيد من الحليب.

هل بلغ متوسط العمر المتوقع قمته أخيرًا؟

يقـول «راي كرزويـل»، رئيـس القسـم المختص باستشـراف المسـتقبل بشـركة جوجل، إنـك إذا عِشـت حتـى عـام 2029، سـيبدأ التقـدم الطبـي «إضافـة سـنة واحـدة، كل عـام، لمتوسـط عمـرك المتوقـع. ولا أقصـد بهـذا متوسـط عمـرك المتوقـع حسـب تاريـخ مولـدك، بـل بقيـة متوسـط عمـرك المتوقـع»، ويمكـن للقـرّاء المحبيـن للاسـتطلاع حسـاب تأثيـر هـذا التوجـه على نمو التعداد السـكاني في العـالم، لكننـي سـأقدم هنـا اسـتعراضًا موجزًا لحقائـق حـول البقـاء علـى قيـد الحيـاة.



في عام 1850، توقَّف متوسط الأعمار المتوقعة للذكور والإناث مجتمعين في الولايات المتحدة، وكندا، واليابان وجزء كبير من أوروبا عند نحو 40 عامًا. ومنذ ذلك الحين، أخذت القيم تسير في زيادة خطية مذهلة، وتكاد تكون مثالية تُوضح تضاعف الأعمار: حيث تعيش الإناث أعمارًا أطول في المجتمعات كلها، وقد سجَّل أقصى متوسط للعمر المتوقع للأنثى حاليًّا ما يزيد على الـ87 سنة قليلاً في اليابان.

قد يستمر هذا المنحنى لعقود قليلة. بالنظر إلى زيادة متوسط الأعمار المتوقعة لكبار السن في الفترة ما بين عامي 1950 و2000 في الدول الغنية بنحو 34 يومًا في السنة. ودون حاجة إلى الاكتشافات الجوهرية التي تُغيِّر نمط تقدمنا في العمر لا شك في أن هذا الميل لزيادة طول العمر سيضعف وينتهي أخيرًا؛ حيث يأخذ المسار بعيد المدى لمتوسط العمر المتوقع للإناث في اليابان - الذي زاد من 81.91 سنة عام 1990 إلى 87.26 عام 2017 - منحنى لوجستيًّا متماثلًا يقترب بالفعل من خط مقارب للـ90 سنة تقريبًا. وأيضًا تُظهِر مسارات دول غنية أخرى الحد الأقصى الوشيك، حيث تبين السجلات المتوافرة عن القرن الـ20 فترتين منفصلتين من الزيادة في العمر: فترة من الزيادات الخطية السريعة (نحو 20 سنة في نصف قرن) استمرت حتى عام 1950، متبوعة بفترة من الزيادات الأبطأ.

فإذا كنا لا نزال بعيدين عن حد العمر البشري، عندها يجب تسجيل الزيادات الأكبر في البقاء على قيد الحياة بين الأشخاص الأكبر عمرًا، ما يعني ضرورة زيادة أعمار من هم في عمر 80 - 85 سنة على أعمار من هم في سن 70 - 75 سنة. وقد كانت هذه في الحقيقة حالة الدراسات التي أُجريت في فرنسا، واليابان، والولايات المتحدة، والمملكة المتحدة

في الفترة ما بين سبعينيات القرن العشرين وحتى أوائل التسعينيات منه، ورغم ذلك فإنه منذ ذلك الحين استقرت معدلات الزيادة.

وربما ليس هناك حد معين لعمر الإنسان يقوم على أساس جيني - مثلما ليس هناك حد جيني الأساس لسرعة ركض معينة (راجع كتاب HOW SWEATING IMPROVED HUNTING، صفحة 28)، بل إن العمر سمة جسدية تنشأ عن تفاعل الجينات مع البيئة المحيطة. وقد تُنتج الجينات نفسها حدودًا فيزيائية حيوية، مثلما يمكن للتأثيرات البيئية أن تفعل كالتدخين.

وقد سجَّلت الفرنسية «جين كالمينت» رقمًا قياسيًّا كأكبر معمرة في العالم عن عمر 122 سنة، وتوفيت عام 1997، والغريب أنها بعد أكثر من عقدين من الزمان تظل أكثر المعمرين على الإطلاق، وبفارق كبير، (وطبعًا الفارق كبير جدًّا بدرجة تثير الشك؛ ما يجعل عمرها وحتى هويتها محل تساؤل). وتوفي ثاني أكبر معمر في العالم عام 1999 عن عمر 119 سنة، ومنذ ذلك الحين لم يتخطَّ أحد من المعمرين حاجز الـ117 سنة.

فإذا كنت تعتقد أن لديك فرصة كبيرة في العيش حتى الـ 100 من العمر، لأن بعض أسلافك قد عاشوا حتى بلغوا هذه السن، فعليك أن تعرف أن نسبة توريث العمر متواضعة، وتتراوح ما بين 15 و30 %، وبالنظر إلى ميل الناس إلى الزواج ممن يشبهونهم - وهي ظاهرة تُعرف بالتزاوج المتلائق - ربما تكون النسبة الحقيقية لتوريث طول العمر بين البشر أقل حتى من النسبة المذكورة.

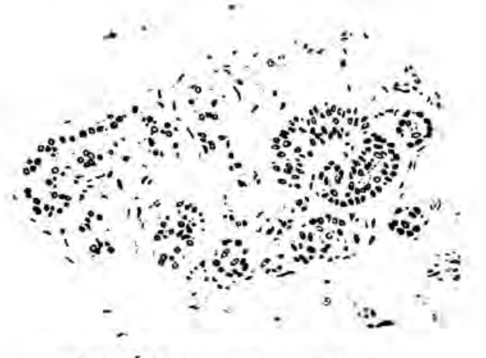
وبالطبع، مثلما الحال بالنسبة لكل الأمور المعقدة، دائمًا ما توجد فرصة للتفسيرات المختلفة للتحليلات الإحصائية المنشورة، إذ يأمل «كرزويل» أن تمد التدخلات الغذائية وغيرها من الحيل في عمره إلى أن يحدث تقدم علمي هائل من شأنه أن يبقيه حيًّا لقرون عدة، وبالفعل

هناك أفكار بشأن كيفية تحقيق البقاء على قيد الحياة بصورة دائمة، ومن بينها تجديد الخلايا البشرية عبر مد القسيم الطرفي الخاص بها (تتابع النوكليوتيدات في نهاية الكروموسوم الذي يشتبك مع العمر)، وإذا نجحت هذه الأفكار، فربما ترفع الحد الأقصى الفعلي لما فوق الـ125 سنة.

لكن في الوقت الحالي، فإن أفضل ما يمكنني أن أنصح به الكل - عدا بضعة من القراء الذين بلغوا درجةً مذهلةً من النضج - هو التخطيط المسبق، رغم أنه قد لا يمكن لهذا التخطيط تجاوز القرن الـ22 كثيرًا.

كيف حسَّن التعرُّق من مهارتنا في الصيد؟

قبل تطوير الأسلحة القاذفة طويلة المدى في أفريقيا قبل عشرات الآلاف من السنين، كان لدى أسلافنا وسيلتان فقط لضمان الحصول على ما يحتاجونه من اللحم: لملمة بقايا طعام الحيوانات الأقوى، أو مطاردة فرائسهم، وكان السبب جزئيًا في قدرة البشر على احتلال ثاني تلك الرتب البيئية هو ميزتين رائعتين للأنواع ثنائية الحركة.



قطاع ميكروسكوبي للغدد البشرية المُفرزة للعرق

تكمن الميزة الأولى في طريقة تنفسنا، فلا تأخذ الكائنات رباعية الحركة إلا نفسًا واحدًا في كل دورة حركية، إذ يجب على الصدر امتصاص الصدمة التي تتلقاها الأطراف الأمامية، أما نحن فنستطيع اختيار معدلات أخرى، وهو ما يمكننا من استهلاك الطاقة بسلاسةٍ أكثر. أما الميزة الثانية (وهي أعظم من الأولى) فتكمن في قدرتنا الاستثنائية على تنظيم درجة حرارة جسمنا، وهو ما يمكننا أن نفعل ما لا يمكن للأسود أن تفعله: الركض بقوة لمسافة طويلة تحت أشعة شمس الظهيرة.

يمكن تلخيص الأمر كله في التعرُّق، فالحيوانان الكبيران اللذان كنا نعتمد عليهما بشكل أساسي في النقل يتعرّقان بغزارة مقارنة بغيرهما من الكائنات رباعية الحركة: إذ يمكن للحصان أن يفقد في ساعة واحدة نحو 100 جرام من الماء لكل متر مربع من جلده، ويمكن للجمل أن يفقد حتى 250 ج/م^2، بينما يمكن للإنسان أن يفرز بسهولة 500 ج/م^2، وهي كمية تكفي للتخلص من قدر من الحرارة يتراوح بين 550 و600 وات. ويمكن لمعدلات التعرُّق القصوى في الساعة أن تتجاوز كيلوجرامين منه لكل متر مربع، أما أعلى معدل تعرُّق قصير المدى تم تسجيله فهو ضعف هذه الكمية.

نحن نجوم التعرُّق، ويجب أن نكون كذلك، إذ يستهلك الهاوي الذي يشارك في ماراثون للجري بوتيرةٍ بطيئة طاقةً بمعدل 700 - 800 وات، أما المشارك المحترف الذي يجري مسافة 42,2 كيلومتر في ساعتين ونصف الساعة فتجري عملية الأيض لديه بمعدل نحو 1300 وات.

إننا نتمتعُ بميزة أخرى عندما نفقد الماء: وهي أننا لسنا مضطرين لتعويض النقص على الفور؛ حيث يمكن للإنسان تحمُّل الجفاف القوي المؤقت بشرط إعادة الترطيب خلال يوم أو نحو ذلك. وفي الواقع، لا

كيف حسَّن التعرُّق من مهارتنا في الصيد؟

يشرب أفضل عدائي الماراثون في أثناء السباق إلا نحو 200 مليلتر من الماء في كل ساعة.

وقد مكنت هذه المزايا معًا أسلافنا من أن يكونوا كائنات نهارية ضارية فريدة في الأجواء شديدة الحرارة، فلا يمكنهم العَدو أسرع من الظبي، طبعًا، لكن في ظل حرارة النهار يمكنهم مطاردته حتى ينهار أخيرًا، بعد أن يصيبه الإنهاك.

وهناك حالات موثقة لمثل هذه المطاردات طويلة المسافات وقعت في ثلاث قارات، وتتضمن بعضًا من أسرع الكائنات رباعية الحركة، ففي أمريكا الشمالية، استطاع بعض أفراد قبيلة تاراهومارا في الشمال الغربي للمكسيك أن يسبقوا الغزال، وبالتوغل شمالًا أكثر، نجد قبيلتي بايوت ونافاجو التي استطاع أفرادها إرهاق الظبي الأمريكي. وفي جنوب أفريقيا، استطاعت جماعة تعيش في صحراء كالاهاري ملاحقة مجموعة من الظباء، والنو، والحمار الوحشي في موسم الجفاف. وفي أستراليا، استطاع بعض أفراد قبيلة الأبوريجينيون الركض أسرع من الكنجرو.

وقد تميز هؤلاء العداؤون على عدائي العالم الحديث اليوم الذين يرتدون الأحذية الرياضية غالية الثمن: فركضهم بأقدام حافية لم يستهلك فقط من طاقتهم أكثر من نحو 4 % (وهي ميزة ليست بسيطة إذا كان الركض لمسافة طويلة)، كما قلَّل من احتمالية تعرضهم للإصابات الخطيرة بالكاحل والجزء السفلي من الساق.

وفي سباق الحياة، لسنا نحن البشر الأسرع أو الأمهر، لكن بفضل قدرتنا على التعرُّق، فإننا بالتأكيد الأكثر مثابرة.

كم لزم من الأفراد لبناء الهرم الأكبر؟

رغم ما مر من قدر هائل من الوقت منذ إتمام بناء هرم خوفو الأكبر (نحو 4600 سنة) - ورغم ما به من كشوط للجير الأبيض الناعم الذي يكسوه ويجعله يبدو لامعًا من بعيد - فإنه لا يزال سليمًا كما هو بدرجة لافتة، ومن ثم لا جدال على شكله المُحدَّد (شكل متعدد السطوح ذي قاعدة مُضلعة)، وارتفاعه الأصلي (146,6 متر تشمل قمته المفقودة ذات الشكل الهرمي أو حجر القمة)، وحجمه (نحو 2,6 مليون متر مكعب). لكننا قد لا نعرف مطلقًا كيف بُني؛ لأن كل التفسيرات الشائعة



أهرامات الجيزة

لها إشكالياتها، حيث يتطلب إنشاء المنحدر الطويل الواحد كمًّا هائلًا من المواد الخام لتشييده، وكان نقل الحجارة عبر المنحدرات الأقصر خطيرًا - مثلما قد يكون من الخطر رفع أكثر من مليوني حجر ووضعها في مكانها الصحيح. لكن ليس معنى أننا لا نعرف كيف تم تشييده أنه لا يمكننا الحديث بثقة عن عدد الأفراد الذين احتاج إليهم هذا البناء.

ولا بد أن نبدأ أولًا بنطاق زمني مدته عقدان، وهي مدة حكم الملك «خوفو» (الذي تُوفي نحو عام 2530 ق.م)، وقد قيل للمؤرخ «هيرودوت»، الذي كتب بعد أكثر من 21 قرنًا من إتمام الهرم، في أثناء زيارته لمصر إن مجموعات من العمال الذين عملوا بالسخرة مكونة من 100.000 رجل عملت مدة 3 أشهر لإنجاز البناء. وفي عام 1974، قدّر عالم الفيزياء البريطاني ألماني المولد «كورت مندلسون» حجم العمالة بـ70.000 عامل موسمي، بالإضافة إلى عدد يصل إلى 10.000 فرد من العمالة الدائمة، إلا أن هذه التقديرات مبالغ فيها بشدة، ويمكننا الاقتراب من العدد الحقيقي عن طريق الاستعانة بالفيزياء التي لا مفر منها.

وتُقدّر طاقة وضع الهرم الأكبر (أي ما يلزم لرفع الكتلة فوق مستوى سطح الأرض) بنحو 2.4 تريليون جول، وهو ما يمكن حسابه بكل سهولة: هي ببساطة نتاج التسارع بفعل الجاذبية الأرضية، وكتلة الهرم، ومركز كتلته (ربع ارتفاعه)، ورغم عدم قدرتنا على تحديد الكتلة بدقة - لأن هذا يعتمد على الكثافة المُحدَّدة للحجر الجيري المُستخرج من محاجر طرة والملاط المُستخدم في بناء الهيكل - فإنني أفترض أن وزن متوسطها يساوي 2.6 طن لكل متر مكعب؛ ومن ثم فإن وزن الكتلة الكلية نحو 6.75 مليون طن.

يمكن للمرء تحويل نحو 20 % من الطاقة التي يحصلون عليها من الطعام إلى عملٍ مثمر، وبالنسبة للمُكدِّين من الرجال تعادل هذه النسبة نحو 440 كيلوجول في اليوم. ومن ثم قد يتطلب رفع الحجارة ما يقرب من 5.5 مليون يوم عمل (ناتج قسمة 2.4 تريليون على 440.000)، أو نحو 275.000 يوم في السنة لمدة 20 سنة، بالإضافة إلى نحو 900 فرد لإنجاز المهمة من خلال العمل لـ 10 ساعات في اليوم ولمدة 300 يوم في السنة. وربما يلزم عدد مشابه من العمال لوضع الأحجار في مواضعها في هذا البناء الناشئ ثم تسوية الأحجار الكاسية (وعلى العكس، كانت الكثير من الأحجار الداخلية حادة غير ملساء). ولقطع 2.6 مليون متر مكعب من الأحجار خلال 20 سنة، ربما تطلّب المشروع نحو 1500 من عمال المحاجر يعملون لمدة 300 يوم في السنة. ويُنتج الواحد منهم 0.25 متر مكعب من الأحجار باستخدام الأزاميل النحاسية والمطارق المصنوعة من حجر الدوليرايت، عندها قد يكون الإجمالي الكلي لعمالة البناء 3300 عامل. وحتى إذا كنا سنضاعف هذا العدد ليشمل المُصمِّمين، والمُنظِّمين، والمُلاحظين، بالإضافة إلى العمالة اللازمة للنقل، وإصلاح الأدوات، وبناء وصيانة المساكن المُقامة في الموقع، وأعمال الطهي وغسل الملابس، سيظل الإجمالي أقل من 7000 عامل.

وفي أثناء فترة تشييد الهرم، كان التعداد الكلي لسكان مصر 1.5 ـ 1.6 مليون نسمة، ومن ثم لم يكن تسخير قوة عمل قوامها أقل من 10,000 فرد ليُشكِّل أي عبء استثنائي على اقتصاد الدولة. وكان التحدي سيتمثل في تنظيم هذه العمالة؛ من تخطيط لإمداد مستمر بأحجار البناء، التي تتضمن أحجار الجرانيت للهياكل الداخلية (وعلى وجه الخصوص، الغرفة المركزية والرواق المُزخرف الضخم) الذي كان يستوجب نقله

بالمراكب من جنوب مصر الذي يبعد عن الجيزة نحو 800 كيلومتر، وتوفير المسكن، والملبس، والمأكل لمجموعات العمال في الموقع.

وفي تسعينيات القرن العشرين، كشف علماء الآثار عن مقبرة للعمال وكذلك أساسات مستوطنة كانت تُستغل كمسكن لبناة هرمي الجيزة اللاحقَين؛ وهو ما يعني أن أكثر من 20,000 شخص عاشوا في هذا الموقع. ولعل التتابع السريع لبناء هرمين إضافيين (للملك «خفرع»، ابن الملك «خوفو»، الذي بدأ عام 2520 ق.م، وللملك «منقرع»، الذي بدأ عام 2490 ق.م) خير شاهد على حقيقة أن بناء الأهرامات قد تم إتقانه، لدرجة أن أصبح تشييد تلك الأبنية الهائلة بمثابة حزمة أخرى من مشروعات التشييد لمُصمِّمي المملكة القديمة، ومديريها، وعمالها.

لماذا لا تحكي معدلات البطالة القصة كاملة؟

إن الكثير من الإحصائيات الاقتصادية غير جديرة بالثقة بدرجة واضحة، وكثيرًا ما يكون للسبب علاقة بما يشمله القياس وما لا يشمله. يُقدِّم الناتج المحلي الإجمالي مثالًا جيدًا على القياس الذي لا يشمل العوامل الخارجية البيئية الرئيسية كتلوث الهواء والماء، وتآكل التربة، وفقدان التنوع البيولوجي، وآثار التغيُّر المناخي.



مجموعة من الرجال العاطلين عن العمل يقفون في طابور للحصول على الطعام في أثناء فترة الكساد الكبير

وتتم ممارسة الاستثناء في قياس البطالة أيضًا، وربما تجد الخيارات مُوضَّحة بالشكل الأمثل ببيانات مُفصَّلة من الولايات المتحدة. ولن يعرف المُطالعون العابرون لأخبار الاقتصاد الأمريكي سوى الأرقام الرسمية، التي قدَّرت إجمالي نسبة البطالة في الدولة في ديسمبر من عام 2019 بـ3.5 %، إلا أن هذه الوسيلة واحدة من 6 وسائل مختلفة يستعين بها مكتب إحصاءات العمل لحساب «الاستغلال الناقص للعمالة».

إليك هذه القياسات، بترتيب تصاعدي (حسب، مرة أخرى، معدلات شهر ديسمبر من عام 2019). الأفراد العاطلون عن العمل لمدة 15 أسبوعًا أو أكثر كحصة من القوة العاملة المدنية: 1.2 %. والأفراد الذين خسروا وظائفهم، والذين شغلوا وظائف مؤقتة: 1.6 %. إجمالي مُعدل العاطلين عن العمل كحصة من القوة العاملة المدنية (المُعدّل الرسمي): 3.5 %. إجمالي العاطلين عن العمل بالإضافة إلى العمال اليائسين (أولئك الذين لم يعودوا يبحثون عن عمل)، كحصة من القوة العاملة المدنية والعمال اليائسين: 3.7 %. واتسعت المجموعة الأخيرة لتضم كل الأفراد المرتبطين «ارتباطًا هامشيًّا» بالقوة العاملة (وهم الذين يؤدون أعمالاً مؤقتة أو موسمية): 4.2 %. وأخيرًا، المجموعة الأخيرة بالإضافة إلى من لا يعملون إلا بدوامٍ جزئي لأسباب اقتصادية (لكنهم يفضلون العمل بدوام كلي): 6.7 %. وتمثل هذه القياسات الستة انتشارًا للقيم – لا يمثل المُعدل الرسمي للبطالة (3) سوى نصف المُعدل الأكثر شمولية (6)، والذي كان أعلى بـ 5 أضعاف من القياس الأقل لهذا المُعدل (1).

إذا خسرت وظيفتك، لا تُحسب عاطلًا عن العمل إلا إذا ظللتَ تبحث عن وظيفة جديدة، وإلا لن يتم حسابك مرة أخرى مطلقًا، ولهذا فإننا عندما نحاول الاقتراب من المُعدل «الحقيقي» للبطالة، يكون علينا النظر

إلى معدل مشاركة القوة العاملة (أي النسبة المئوية لعدد الأفراد المتاحين للعمل من إجمالي تعداد السكان)، والذي تضاءل في الفترة الأخيرة. إذ كان المُعدل الأمريكي في عام 1950 نحو 59 % فقط، وبعد ارتفاعه لنصف قرن غالبًا وصلت ذروته إلى 67.3 % خلال ربيع عام 2000، ليجعله الانخفاض التالي يصل إلى نسبة 62.5 % بحلول خريف عام 2005، وتلا ذلك ارتفاع بطيء ليصل إلى 36.2 %مع اقتراب نهاية عام 2019. وهناك بالطبع فروقٌ جوهرية بين الفئات العمرية؛ حيث جاء المُعدل الأعلى بنسبة تقدر بنحو 90 % للرجال الذين تتراوح أعمارهم بين 35 و 44 سنة.

وتوضح مُعدلات البطالة في أوروبا مدى صعوبة ربطها بالنسيج الاجتماعي للبلد أو بالمستوى العام لرضا سكانها. ويأتي المُعدّل الأدنى، ما فوق نسبة 2 % بقليل، في جمهورية التشيك، بينما عاشت إسبانيا سنوات من المعدلات المرتفعة للبطالة - بنسبة أكثر من 26 % عام 2013 وأكثر من 14 % في أواخر عام 2019 للتعداد السكاني بأكمله، وحتى بعد انخفاض هذا المُعدل قليلًا، كان ما يقرب من 33 % من الشباب الإسباني لا يزال عاطلًا (وتُمثل النسبة الأخيرة بوضوح واقعًا كئيبًا لكل فرد يدخل القوة العاملة). ورغم ذلك فإن مُعدل سعادة السكان في التشيك (انظر الفصل التالي) أعلى بنسبة 8 % فقط من المُعدل الإسباني، ومُعدل الانتحار في التشيك، الذي يُقدر بما فوق الـ8 قليلًا لكل 100.000، أعلى بثلاث مرات منه في إسبانيا. صحيح أن السرقات أكثر انتشارًا في برشلونة منها في براغ، إلا أن متوسط مُعدل السرقات في إسبانيا أعلى بنسبة طفيفة منه في بريطانيا - رغم كون مُعدل البطالة في بريطانيا ربع المُعدل الإسباني.

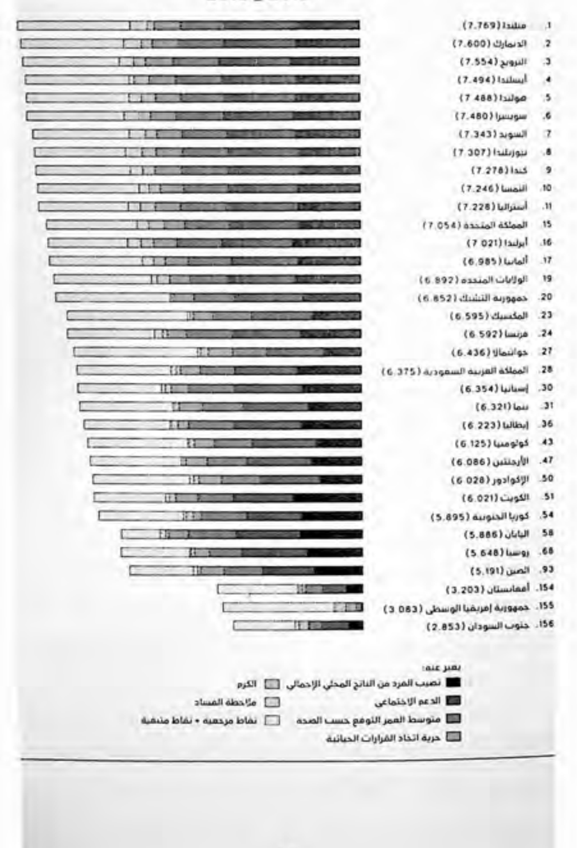
ومن الواضح أنه لا يمكن مطلقًا إحصاء الحقائق المعقدة للعمالة/ البطالة بنسب إجمالية. فقد استطاع الكثير من العاطلين عن العمل بشكل رسمي التأقلم بفضل دعم أسرهم واتفاقات العمل غير النظامية، كما أن الكثير من المُوظفين الذين يعملون بدوامٍ كامل غير راضين عن رواتبهم، لكن لا يمكنهم تغيير وظيفتهم بسهولة أو تغييرها من الأساس، بسبب مهاراتهم أو لظروف أسرية. وربما كانت الأرقام لا تكذب، لكن التصورات الفردية لها تختلف من شخص إلى آخر.

ما الذي يجعل الناس سعداء؟

للإجابة عن هذا السؤال، قد تفيدك جدًّا معرفة أي المجتمعات التي ترى نفسها فعليًّا أسعد بدرجة أكبر من غيرها - وهو ما أصبح، منذ عام 2012، سهلاً، ولا يتطلب إلا الاطلاع على الإصدار الأخير من تقرير *السعادة العالمي*، الذي صار يُنشر الآن سنويًّا في نيويورك من قِبل شبكة حلول التنمية المستدامة التابعة للأمم المتحدة. في عام 2019 (حيث تم جمع بيانات واستطلاعات في الفترة ما بين عامي 2016 - 2018)، كانت فنلندا أسعد دولة في العالم للمرة الثانية على التوالي، تليها الدنمارك، والنرويج، وأيسلندا، بينما تقدَّمت كل من هولندا وسويسرا مباشرة على السويد؛ وهو ما يعني أن دول الشمال قد احتلت 5 مراكز من المراكز السبعة الأعلى، وقد أكملت المراكز الـ10 الأولى نيوزيلندا، وكندا، والنمسا. أما مجموعة الدول الـ10 الثانية فبدأت بأستراليا وانتهت بجمهورية التشيك: وجاءت المملكة المتحدة في المركز الـ 15، وألمانيا في المركز الـ 17، وبصعوبة جاءت الولايات المتحدة في المركز الـ 19.

وهذا ما يتم نشره في وسائل الإعلام، من إعجاب بدول الشمال التي تنعم بالسعادة الدائمة والإشارة إلى كون الثروات الأمريكية (الموزعة بشكلٍ غير عادل) لا يمكنها شراء السعادة. ولعل ما يُذكر نادرًا هو ما يسهم فعليًّا في تحديد هذه النتائج القومية: نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، والدعم الاجتماعي (يحدده السؤال عما إذا كان

مستوى السعادة حسب الدولة: 2016 _ 2018



للمواطنين في أوقات الأزمات أقارب أو أصدقاء يمكنهم الاعتماد عليهم)، والمتوسط الصحي للعمر المتوقع (ويحدده تقييم منظمة الصحة العالمية لـ100 عامل مختلف من عوامل الصحة)، وحرية اتخاذ القرارات الحياتية (ويحدده الإجابة عن السؤال «هل أنت راضٍ أم غير راضٍ عن حريتك في اختيار عملك؟»)، والكرم («هل تبرعت بالمال لمؤسسة خيرية خلال الشهر الماضي؟»)، وملاحظة الفساد (على مستوى الحكومة وداخل العمل).

وكحال جميع المؤشرات، يتضمن هذا المؤشر مجموعة من العناصر، من بينها: مؤشر مثير للشك بدرجة واضحة (الناتج المحلي الإجمالي الوطني بالدولار الأمريكي)، وأجوبة لا يمكن مقارنة بعضها ببعض بسهولة بين الثقافات المتعددة (مفهوم حرية الاختيار)، والنقاط التي يتم تسجيلها حسب المُتغيِّرات الموضوعية والكاشفة للحقائق (متوسط العمر المتوقع حسب الصحة). ويشير هذا المزيج من العوامل وحده إلى ضرورة وجود قدرٍ كبير من الشك عند التطرق إلى أي تقييم بعينه - ويتأكد هذا الشعور بقوة عندما ينظر المرء فيما لا يُعلَن مطلقًا في وسائل الإعلام: النقاط الفعلية التي سجلتها الدولة (دقيقة حتى العدد العشري الثالث!). وبالمصادفة، ألقيت محاضرة عام 2019 في الدول الثلاث الأسعد في العالم – لكن يبدو أنني لم أتمكن من ملاحظة أن الفنلنديين (7,769) أسعد بنسبة 2,2 % من الدنماركيين (7,600)، الذين هم بدورهم أسعد بنسبة 0,6 % من النرويجيين. فالعبث واضح طبعًا في تلك الأرقام كلها، فحتى كندا التي تحتل المركز التاسع نقاطها المُجمعة أقل بنسبة 6,3 % فقط من فنلندا وبالنظر إلى كل ما يقلق بدرجة حقيقية بشأن المتغيرات الأساسية وإضافتها الساذجة غير المُرَجَّحة، ألن يكون تحويل النقاط إلى أقرب وحدة على الأقل أكثر دقة وأمانة (وطبعًا

أقل استحقاقًا لجذب انتباه وسائل الإعلام) - أو الأفضل من ذلك، ألّا يتم إجراء أي ترتيب منفرد للدول، وإعلان الدول الـ10 أو الـ20 التي تُشكِّل المجموعة المُتَصدِّرة وحسب؟

ثم يأتي عدم التناسق الواضح بين مستوى السعادة ومعدل الانتحار؛ حيث يوضح الرسم البياني لكلا المُتغيرين في الدول الأوروبية كلها غياب العلاقة بينهما تمامًا، إذ نجد بالتأكيد أن معدلات الانتحار في بعض الدول الأكثر سعادة مرتفعة نسبيًّا، بينما نجدها منخفضة جدًّا في بعض الدول الأخرى الأقل سعادة.

لكن ما الذي يجعل الناس سعداء، بالإضافة طبعًا إلى كونهم من سكان دول الشمال والثراء؟ نجد أجوبة مذهلة في بعض الدول التي يبدو ترتيبها في غير محله. والحقيقة أن اعتبار أفغانستان، وجمهورية إفريقيا الوسطى، وجنوب السودان الدول الثلاث الأقل سعادةً من بين 156 دولة في هذا الترتيب هو أمرٌ مُتوقَّع للأسف (فقد دمرتها جميعًا الحروب الأهلية لسنوات طويلة)، لكن كيف لدولة كالمكسيك التي أتت في المرتبة الـ23 (وهي دولة تنتشر فيها المخدرات، وذات معدل عالٍ بصورة استثنائية من العنف والجريمة) أن تتقدم على فرنسا؟ وكيف لدولة جواتيمالا أن تتقدم على المملكة العربية السعودية؟ وكيف لدولة بنما أن تتقدم على إيطاليا؟ وكيف لدولة كولومبيا أن تتقدم على الكويت؟ وكيف لدولة الأرجنتين أن تتقدم على اليابان؟ وكيف لدولة الإكوادور أن تتقدم على كوريا الجنوبية؟ فهذه الدول التي نقارن بينها تُشكِّل نمطًا بارزًا بوضوح: حيث تكون الدولة الثانية في كل مقارنة من هذه المقارنات أكثر ثراءً (بدرجة هائلة غالبًا)، وأكثر استقرارًا، وأقل عنفًا، وتكفل معيشة أسهل من الدولة الأولى التي نقارنها بها، ولعل أوجه التشابه بين الدول المذكورة أولاً في هذه المقارنة - أنها قد تكون فقيرة نسبيًّا، وغير مستقرة، وتشهد

أعمال عنف، لكنها جميعًا مستعمرات إسبانية سابقة، ومن ثم تتبع غالبيتها طائفة دينية واحدة. وكلها ضمن المجموعة الـ 50 الأولى (تقع دولة الإكوادور في المرتبة الـ 50)، وهي متقدمة على اليابان (58) ومتقدمة كثيرًا على الصين (93)، ذلك البلد الذي ظنه الغربيون السذج جنة اقتصادية حقيقية تعج بالمتسوقين السعداء، لكن رغم أن ماركة لوي فيتون الشهيرة تجني ثروةً طائلة في الصين، فلم تستطع المراكز التجارية الضخمة، ولا قيادة الحزب الذي يعرف كل شيء جعل الصينيين سعداء، فحتى مواطنو نيجيريا (85) العاطلون عن العمل والأكثر فقرًا أسعد منهم.

إن الدروس المُستفادة واضحة: إذا لم تستطع أن تكون ضمن الدول الـ 10 المتصدرة (لكونك لست شماليًّا، أو هولنديًّا، أو سويسريًّا، أو نيوزيلنديًّا، أو كنديًّا)، فيمكنك أن تبدأ تعلُّم *الإسبانية*. *حظًّا موفقًا في ذلك!*

نشأة المدن الكبيرة

تعني الحداثة أشياء كثيرة - ازدياد الثراء والقدرة على الحركة، والتواصل غير المُكلِّف والفوري، ووفرة الطعام الذي هو في المتناول، ومتوسطًا أطول للعمر المتوقع - لكن المراقبين من الكائنات الفضائية الذين يرسلون مسبارات استكشافية للأرض من حينٍ لآخر قد يُذهلون من التحول الذي تسهل ملاحظته من الفضاء: الوتيرة المتزايدة للتحضُّر؛ حيث تواصل المدن الامتداد، كما الأميبا، والتعدي على المناطق الريفية المحيطة بها، فتُشكِّل كتلاً هائلة من الإضاءة القوية في عتمة الليل.

في عام 1800، كان أقل من 2 % من سكان العالم يعيشون في المدن، وبحلول عام 1900 كانت النسبة لا تزال نحو 5 % فقط، لتصل بحلول عام 1950 إلى 30 %، وأصبح عام 2007 أول عام يعيش فيه أكثر من نصف البشرية في المدن. وبحلول عام 2016، اكتشفت الدراسة الاستقصائية الشاملة للأمم المتحدة أن هناك 512 مدينة تضم أكثر من مليون نسمة، ويتجاوز التعداد السكاني لـ45 مدينة منها حاجز الـ5 ملايين نسمة، ويتجاوز التعداد السكاني لـ31 مدينة منها حاجز الـ10 ملايين نسمة. ولهذه المجموعة الأكبر اسم خاص: «المدن الكبيرة».

ويعود السبب في هذا التدفق المستمر للبشر في المدن الكبرى إلى المزايا الناشئة عن تكتُّل الناس، والمعرفة، والأنشطة، والذي كثيرًا ما يكون بسبب تجمع الشركات المتشابهة: فعلى المستوى الدولي، نجد لندن

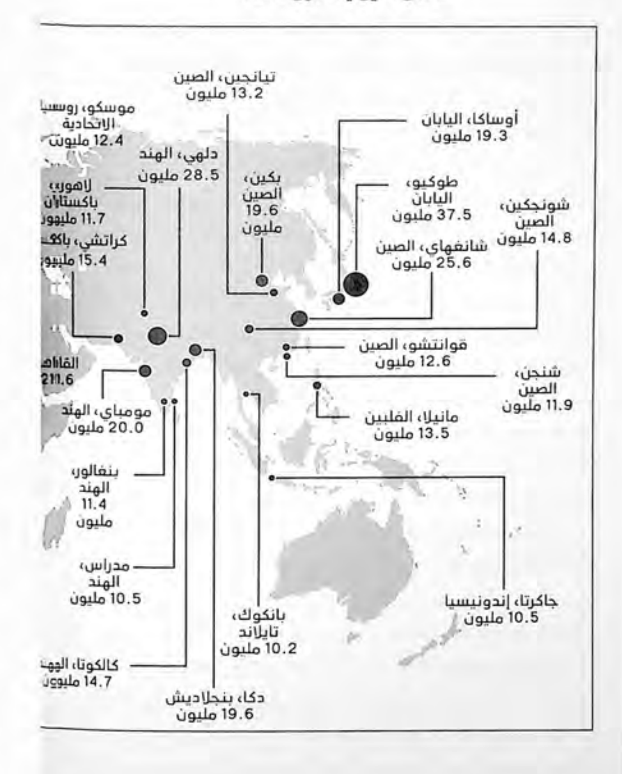
ونيويورك على سبيل المثال، عاصمتين ماليتين، ونجد مدينة شنجن في المحافظة الصينية غوانغدونغ، عاصمة الإلكترونيات الاستهلاكية، إذ تأتي وفورات الحجم بكثير من التوفير، فتصبح التعاملات بين المنتجين، وبين المُورِّدين، وبين المستهلكين أسهل في إدارتها، وتتمكن الشركات من الوصول إلى مجموعات كبيرة من العمالة والخبرات المتنوعة، والآن صارت نوعية الحياة في المدن الكبيرة (رغم التكدس والمشكلات البيئية) تجذب غالبًا المواهب المختلفة من كل أنحاء العالم. فأصبحت المدن زاخرةً بعددٍ لا يُحصى من فرص التعاون والاستثمار، كما أنها توفِّر مستويات راقيةً من التعليم والمسارات المهنية الواعدة: ولهذا تفقد العديد من المدن الأصغر حجمًا - الأشبه بالمناطق الريفية المحيطة - الكثير من تعدادها السكاني، بينما يزداد تعداد المدن الكبيرة باستمرار.

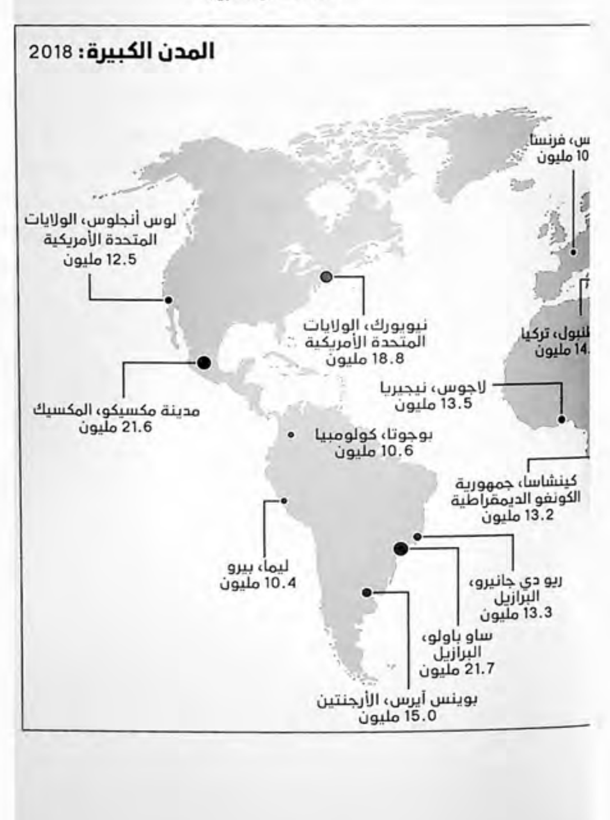
إن ترتيب المدن الكبيرة حسب الحجم ليس بالأمر البسيط؛ لأن الحدود الإدارية المتنوعة تنتج أعدادًا مختلفة عند الحديث عن هذه المدن باعتبارها وحدات وظيفية. فمدينة طوكيو على سبيل المثال، وهي المدينة الكبيرة الأضخم في العالم، لها ثمانية توصيفات قضائية أو إحصائية مختلفة، من الـ23 جناحًا بالمدينة القديمة، التي يسكنها أقل من 10 ملايين نسمة، حتى منطقة طوكيو الكبرى التي يسكنها ما يقرب من 45 مليون نسمة. والتوصيف الذي تستخدمه إدارة المدينة هو منطقة العاصمة طوكيو الكبرى (وتُلفظ *باليابانية توكيو دايتوشيكين*)، وهو ما تحدده إمكانية التنقُّل في نطاق 70 كيلومترًا من بُرجي المدينة الهائلين المتماثلين، أو مبنى مقر حكومة طوكيو (ويلفظ باليابانية: توكيو توتشو) في حي شينجوكو: وتضم المنطقة الآن نحو 39 مليون نسمة.

ويوضِّح نمو المدن الكبيرة بشكل مثالي تراجع النفوذ الغربي ونهوض آسيا. ففي عام 1900، كانت 9 من المدن الـ 10 الأكبر في العالم تقع

في أوروبا والولايات المتحدة، وفي عام 1950 كانت نيويورك وطوكيو هما المدينتين الكبيرتين الوحيدتين، وانضمت إليهما المدينة الثالثة، وهي مدينة مكسيكو عاصمة المكسيك، عام 1975. لكن بحلول نهاية القرن زادت القائمة حتى وصلت إلى 18 مدينة كبيرة، ثم وصلت إلى 35 مدينة كبيرة بحلول عام 2020 بمجموع سكان أكثر من نصف مليار شخص. وتظل طوكيو (بتعداد سكان أكبر من تعداد سكان كندا، وناتج اقتصادي مساوٍ تقريبًا لنصف إجمالي الناتج الاقتصادي الألماني) على رأس القائمة، كما تقع 20 مدينة (أي نحو 60%) من أصل 35 مدينة كبيرة في آسيا، و6 مدن كبيرة في أمريكا اللاتينية، واثنتان في أوروبا (موسكو وباريس)، وثلاث في إفريقيا (القاهرة، ولاجوس، وكينشاسا)، واثنتان في أمريكا الشمالية (نيويورك ولوس أنجلوس).

لا تحتل أي من هذه المدن الكبيرة مرتبةً عاليةً على مستوى كل المعايير الأساسية لجودة الحياة: فطوكيو على سبيل المثال نظيفة، ومناطقها السكنية غير البعيدة عن وسط المدينة هادئة بشكل ملحوظ، ومواصلاتها العامة ممتازة، ومعدل الجريمة فيها منخفض جدًّا، لكن المناطق السكنية فيها ضيقة، والتنقلات اليومية طويلة ومكلِّفة. وقد أصبحت المدن الصينية الكبيرة - كلها بناها المهاجرون من المناطق القروية والذين (حتى وقت قريب) كانوا محرومين من حق العيش فيها - واجهة للمعمار الحديث والمشروعات العامة المتألقة، لكن جودة الهواء والماء فيها سيئة، وأصبح سكانها الآن مراقَبين طوال الوقت لتحديد أبسط المخالفات الاجتماعية. وعلى العكس، يسود عدد قليل من القوانين في المدن الإفريقية الكبيرة، وتُعتبر لاجوس وكينشاسا التجسيد الحرفي للعشوائية، والبؤس، والتدهور البيئي. لكن هذا كله يشكل فارقًا طفيفًا، فلا تزال كل المدن الكبيرة - سواء كانت طوكيو (ذات العدد الأكبر من


تيانجين، الصين
13.2 مليون
موسكو، روسيا
الاتحادية
12.4 مليون
أوساكا، اليابان
19.3 مليون
دلهي، الهند
28.5 مليون
بكين،
الصين
19.6
مليون
طوكيو،
اليابان
37.5 مليون
شونجكين،
الصين
14.8 مليون
لاهور،
باكستان
11.7 مليون
كراتشي، باكستان
15.4 مليون
شانغهاي، الصين
25.6 مليون
قوانتشو، الصين
12.6 مليون
شنجن،
الصين
11.9 مليون
مومباي، الهند
20.0 مليون
مانيلا، الفلبين
13.5 مليون
بنغالور،
الهند
11.4
مليون
مدراس،
الهند
10.5 مليون
جاكرتا، إندونيسيا
10.5 مليون
بانكوك،
تايلاند
10.2 مليون
كالكوتا، الهند
14.7 مليون
دكا، بنجلاديش
19.6 مليون


المدن الكبيرة: 2018
س، فرنسا
10 مليون
لوس أنجلوس، الولايات المتحدة الأمريكية
12.5 مليون
نيويورك، الولايات المتحدة الأمريكية
18.8 مليون
لنبول، تركيا
14. مليون
مدينة مكسيكو، المكسيك
21.6 مليون
لاجوس، نيجيريا
13.5 مليون
بوجوتا، كولومبيا
10.6 مليون
كينشاسا، جمهورية الكونغو الديمقراطية
13.2 مليون
ليما، بيرو
10.4 مليون
ريو دي جانيرو، البرازيل
13.3 مليون
ساو باولو، البرازيل
21.7 مليون
بوينس آيرس، الأرجنتين
15.0 مليون

المطاعم الفارهة)، أو نيويورك (التي تُشكِّل غالبية تعدادها السكاني مواليد وُلدوا في الخارج)، أو ريو دي جانيرو (التي يدنو معدل الجريمة فيها من 40 لكل 100.000) - مستمرة في جذب السكان. وقد تنبأت الأمم المتحدة بنهوض 10 مدن كبيرة إضافية بحلول عام 2030: ست منها في آسيا (وتشمل المدينتين الهنديتين أحمد آباد. وحيدر آباد)، وثلاث مدن في إفريقيا (جوهانسبرج، ودار السلام، ولواندا)، والعاصمة الكولومبية بوجوتا.

البلاد..
أمم في عصر العولمة

المآسي الممتدة للحرب العالمية الأولى

تردَّد صدى الذكريات السنوية للمائة عام الأخيرة بقوة؛ حيث يحدد نوفمبر 2018 نهاية النزاع المسلح الدولي الحقيقي الأول في العالم، فلقد شكلت المذبحة الضخمة التي وقعت في أثناء الحرب أثرًا مؤلمًا في ذاكرة جيل بأكمله، لكن الإرث الأكثر مأساويةً لتلك الحرب تمثل في الحكم الشيوعي في روسيا (1917)، والحكم الفاشي في إيطاليا (1922)، والحكم النازي في ألمانيا (1933)؛ حيث أدت هذه التطورات إلى نشوب الحرب العالمية الثانية، والتي نتج عنها مقتل مزيد من الأشخاص،



معركة السوم، 1916: الجنود البريطانيون والدبابة مارك 1

وكانت لها آثار مباشرة وغير مباشرة - منها المواجهة بين حلف الناتو وروسيا، وتقسيم كوريا إلى دولتين - ما زالت تؤرق حياتنا.

وعلى الرغم من ذلك كانت الحرب العالمية الثانية أكثر فتكًا، وكان نشوبها حتميًّا، بعد أن تسببت الحرب العالمية الأولى في وقوع أزمة حرجة؛ إذ نشأ عنها الكثير مما تلا ذلك من أحداث. لكن الحقيقة أن الحرب العالمية الثانية قد حققت إنجازات أعظم كثيرًا على مستوى القوة التدميرية، وتشمل هذه الإنجازات الطائرات المقاتلة الأسرع التي تعمل بالمحركات المترددة، وقاذفة القنابل الثقيلة ذات المحركات الأربعة (بوينج - 17)، والقذائف (الألمانية في - 1 وفي - 2)، والقنابل النووية، في نهاية الحرب، التي دمّرت هيروشيما وناجازاكي.

وبالمقارنة، نجد أن الحرب العالمية الأولى، بجبهاتها المُستَحكمة والتي نادرًا ما تغيّرت، كانت بلا شك صراعًا أقل حيويةً، لكن بإمعان النظر نجد أن الإنجازات التقنية الخالصة لعبت بالتأكيد دورًا محوريًّا في إطالة أمد الحرب، وزيادة حصيلة خسائرها البشرية.

وبالإضافة إلى استخدام الغازات السامة في القتال (وهو ما لم يتكرر قط مرةً أخرى بالقدر نفسه)، تم تطوير العديد من الأساليب الرئيسية التي تُمارَس في حروب العصر الحديث، بل تم إتقانها في أثناء الصراع الأسبق، حيث استُخدِمَت الغواصات التي تعمل بمحركات الديزل لأول مرة في الغارات الطويلة لمهاجمة أساطيل سفن التجارة. ونُشِرَت الدبابات لأول مرة في المعارك، وشُنَّت الغارات الجوية، التي تستخدم كلًّا من السفن الهوائية والطائرات، لأول مرة، وأُطلِقَت حاملات الطائرات المُجهزة للقتال لأول مرة عام 1914. وبدأت أجهزة الإرسال الفرنسية المحمولة التي اختُبِرَت بنجاح - والتي تسمح بالتواصل الصوتي من الجو إلى الأرض عام 1916، ومن الجو إلى الجو في عام 1917 - الطريق

الطويل نحو الاستعانة بالمكونات الإلكترونية الأصغر والأكثر قابليةً للاستخدام على الإطلاق.

لكن من بين هذه التطورات كلها، لا بد أن نخص بالحديث الاختراع الهائل الذي سمح لألمانيا المُحاصَرة بتحمُّل حربها على جبهتين لمدة 4 سنوات: تركيب الأمونيا. فعندما بدأت الحرب، قطع الأسطول البريطاني الطريق أمام الواردات الألمانية من النترات التشيلية اللازمة لصناعة المُتفجِّرات، لكن بالمصادفة البحتة، استطاعت ألمانيا بدلًا من ذلك أن تزود نفسها بالنترات المصنوعة محليًّا. ففي عام 1909، أنهى «فريتز هابر»، الأستاذ بجامعة كارلسروه، السعي طويل الأمد وراء تركيب الأمونيا من عناصرها، حيث تم مزج النيتروجين والهيدروجين تحت الضغط العالي في ظل وجود عامل مُحفِّز لتصنيع الأمونيا NH3.

وبحلول أكتوبر 1913، قامت شركة باسف - التي أصبحت بعد ذلك التكتُّل الكيماوي الرائد في العالم، بقيادة «كارل بوش» - بالتسويق التجاري لعملية تركيب الأمونيا في أول مصنع في العالم لهذا الغرض، في مدينة أوباو بألمانيا؛ حيث كانت هذه الأمونيا المُصنَّعة تُستَخدَم في إنتاج الأسمدة الصلبة كنترات الصوديوم أو نترات الأمونيا (اقرأ أيضًا العالم من دون الأمونيا المخلَّقة، صفحة 209).

لكن نشبت الحرب بعدها بأقل من سنة واحدة، وبدلًا من تحويل الأمونيا إلى سماد، بدأت شركة باسف الإنتاج المُوسَّع لهذا المُركَّب لتحويله إلى حمض النتريك لاستخدامه في إنتاج المتفجِّرات لاستخدامها في الحرب. وتم الانتهاء من إنشاء مصنع أكبر للأمونيا بحلول إبريل 1917 في لوينا، غرب مدينة لايبزيج؛ حيث كان إنتاج المصنعين معًا يكفي لدعم صناعة المتفجِّرات الألمانية حتى نهاية الحرب.

البلاد.. أمم في عصر العولمة

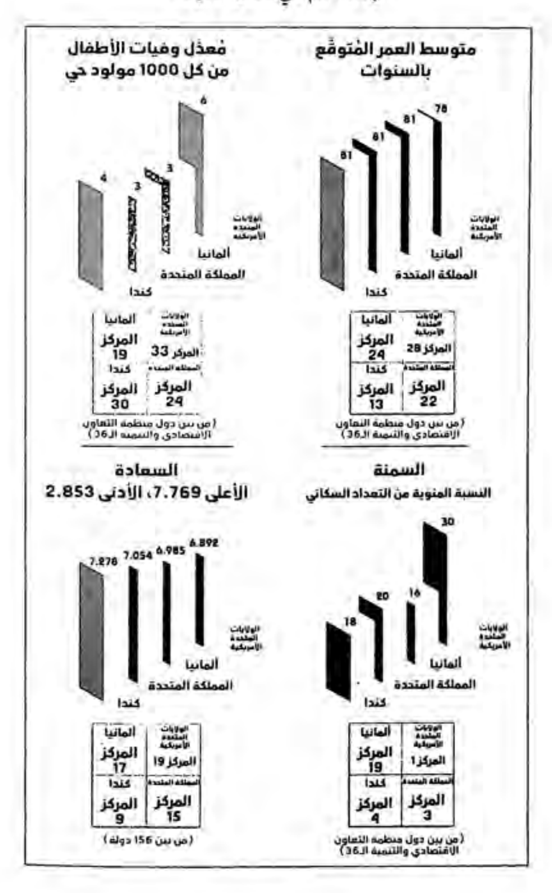
لقد ساعدت القدرة الجديدة للتصنيع، الذي يسعى لسد أي عجز، على إطالة أمد الحرب العالمية الأولى؛ ما تسبَّب في وقوع ملايين الضحايا. ويدحض هذا التطور الحديث المُرعِب الصورة البدائية للحرب، تلك الصورة التي كثيرًا ما رسمتها حالة الجمود المُطوَّلَة في الخنادق المُغطّاة بالوحل، كما أنه قد مهَّد الطريق لوقوع مذبحة أضخم بعدها بجيل.

هل الولايات المتحدة لها خصوصيتها فعليًّا؟

لا يزال الاعتقاد في «الخصوصية الأمريكية» - ذلك المزيج المتفرد من المبادئ، والأفكار، وحب الحرية الذي ضخَّمته الإنجازات التقنية والاقتصادية العظيمة - قائمًا. حتى الرئيس السابق «باراك أوباما»، ذلك الرجل المعروف بأسلوبه غير العاطفي في الحكم؛ ومن ثم فإنه يتردد في تأييده أصلًا، قد غيّر رأيه، ذلك عندما أكّد في بداية حكمه (إبريل 2009) اعتقاده قائلًا: «أؤمن بالخصوصية الأمريكية، بقدر ما أشك في إيمان البريطانيين بالخصوصية البريطانية، وإيمان اليونانيين بالخصوصية اليونانية»، ثم بحلول مايو 2014 تراجع قليلًا ليُصرِّح قائلًا: «أؤمن بالخصوصية الأمريكية بكل ذرة في تكويني».

لكن مثل هذه الادعاءات لا تعني شيئًا إذا لم تستطع الصمود أمام الحقائق، ولعل ما يهم بحق في هذه المسألة ليس حجم الناتج المحلي الإجمالي للدولة، ولا عدد الرؤوس الحربية أو براءات الاختراع التي قد تملكها، بل المُتغيِّرات التي تُعبِّر فعلاً عن السلامة البدنية والعقلية لمواطنيها. وهذه المُتغيِّرات ببساطة هي الحياة، والموت، والمعرفة.

ويُعتبر مُعدَّل وفيات المواليد مؤشرًا مُعبِّرًا بدرجة رائعة عن نطاق كبير من الظروف، والتي من بينها الدخل، وجودة المسكن، والتغذية، والتعليم، والاستثمار في الرعاية الصحية؛ حيث يموت عدد ضئيل جدًّا من الأطفال في تلك الدول الغنية التي يعيش فيها الناس في مساكن



متوسط العمر المُتوقَّع بالسنوات
78
81
81
81
الولايات المتحدة الأمريكية
ألمانيا
المملكة المتحدة
كندا
ألمانيا المركز 24
الولايات المتحدة الأمريكية المركز 28
كندا المركز 13
المملكة المتحدة المركز 22
(من بين دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية الـ36)
مُعدَّل وفيات الأطفال من كل 1000 مولود حي
6
3
3
4
الولايات المتحدة الأمريكية
ألمانيا
المملكة المتحدة
كندا
ألمانيا المركز 19
الولايات المتحدة الأمريكية المركز 33
كندا المركز 30
المملكة المتحدة المركز 29
(من بين دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية الـ36)
السمنة
النسبة المئوية من التعداد السكاني
30
16
20
18
الولايات المتحدة الأمريكية
ألمانيا
المملكة المتحدة
كندا
ألمانيا المركز 19
الولايات المتحدة الأمريكية المركز 1
كندا المركز 4
المملكة المتحدة المركز 3
(من بين دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية الـ36)
السعادة
الأعلى 7.769، الأدنى 2.853
6.892
6.985
7.054
7.278
الولايات المتحدة الأمريكية
ألمانيا
المملكة المتحدة
كندا
ألمانيا المركز 17
الولايات المتحدة الأمريكية المركز 19
كندا المركز 9
المملكة المتحدة المركز 15
(من بين 156 دولة)

مريحة، ويستطيع الآباء الذين تلقوا تعليمًا جيدًا (والذين تغذُّوا هم أنفسهم بشكل جيد) أن يطعموا أطفالهم بشكلٍ سليم، ويتمتعوا بإمكانية تلقي الرعاية الطبية (اقرأ أيضًا ما المؤشر الأفضل لجودة الحياة؟ جرِّب مُعدَّل وفيات المواليد، صفحة 15).

فما ترتيب الولايات المتحدة إذن بين دول العالم الـ200 تقريبًا؟ تُوضِّح أحدث مقارنة متاحة أن مُعدَّل وفاة 6 أطفال من أصل 1000 طفل يولدون أحياءً في عامهم الأول في الدنيا يجعل الولايات المتحدة لا تحتل مركزًا بين الدول الـ25 المتصدرة للقائمة. فمُعدَّل وفيات مواليدها أعلى كثيرًا مما عليه الحال في فرنسا (4)، وألمانيا (3)، واليابان (2)، كما كان أعلى بنسبة 50 % منه في اليونان (4)، وهي الدولة التي صورتها الصحافة منذ الأزمة المالية على أنها حالة ميؤوس منها.

ولا فائدة من تبرير هذا المُعدَّل المتدني للغاية عندما نقول إن التعداد السكاني للدول الأوروبية متجانس: فدولتا فرنسا وألمانيا الحديثتان تعجّان بالمهاجرين الجدد (فقط اقضِ بعض الوقت في مارسيليا أو دوسلدورف وسترى بنفسك)، فالعوامل المؤثرة بصورة أكبر هي المعرفة الأبوية، والتغذية الجيدة، ودرجة التفاوت الاقتصادي، والتمتع بإمكانية الحصول على الرعاية الصحية الشاملة، ولعل الولايات المتحدة هي الدولة الغنية الحديثة الوحيدة (المعروفة سلبًا) بأنها تفتقر إلى العامل الأخير.

وبالوصول إلى نهاية المطاف، نحصل على نتيجة متدنية بالدرجة نفسها تقريبًا: فمتوسط العمر المُتوقَّع الأخير في أمريكا (نحو 79 سنة لكلا الجنسين) لا يحتل مركزًا حتى بين الدول المتصدرة عالميًا، ونجدها مرة أخرى متخلفة عن اليونان (نحو 81 سنة)، وكذلك كوريا الجنوبية (ما يقرب من 83 سنة). بينما يعيش الكنديون في المتوسط 3 سنوات

أطول، ويعيش اليابانيون (نحو 84 سنة) ما يقرب من 6 سنوات أطول مقارنةً بنظرائهم في الولايات المتحدة.

ويتم فحص الإنجازات التعليمية للطلاب (إن وُجِدَت) في الولايات المتحدة مع كل إصدار جديد للبرنامج الدولي لتقييم الطلبة (PISA) التابع لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، وقد أظهرت النتائج الأخيرة (2018) للطلاب في عمر الـ15 سنة أن الولايات المتحدة، في مادة الرياضيات، تأتي بعد روسيا، وسلوفاكيا، وإسبانيا، لكنها تأتي في مركز أدنى كثيرًا من كندا، وألمانيا، واليابان. وفي العلوم، أحرز طلاب المدارس في الولايات المتحدة مجموع نقاط أدنى من متوسط نقاط البرنامج الدولي لتقييم الطلبة (497 مقابل 501)، وفي القراءة، أحرزوا بصعوبة مجموع نقاط أعلى من المتوسط (498 مقابل 496) - وقد تخلَّفوا كثيرًا عن دول الغرب الغنية المكتظة بالسكان كلها. وكأي دراسة أخرى، فإن للبرنامج الدولي لتقييم الطلبة نقاط ضعفه، لكن التفاوتات الكبيرة بين المراكز ذات الصلة واضحة: فليس هناك أي مؤشر، ولو من بعيد، على خصوصية الإنجاز التعليمي في الولايات المتحدة.

وقد يجد القرّاء الأمريكيون هذه الحقائق مزعجة، لكنها غير قابلة للجدل، فالرُّضع في الولايات المتحدة أكثر عرضة للوفاة، وتقل احتمالية تعلُّم طلاب المرحلة الثانوية مقارنةً بنظرائهم في الدول الغنية الأخرى. وقد يبحث السياسيون في كل مكان عن دليل على الخصوصية الأمريكية، لكنهم لن يجدوه في الأرقام، وهي أكثر ما يهم.

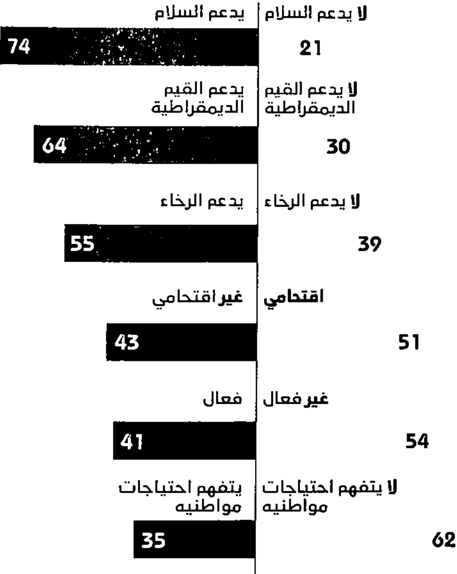
لماذا يجب أن تكون أوروبا أكثر رضا عن نفسها؟

في 1 يناير 1958، شكَّلت بلجيكا، وفرنسا، وإيطاليا، ولوكسمبورج، وهولندا، وجمهورية ألمانيا الاتحادية المجموعة الاقتصادية الأوروبية بهدف الدمج الاقتصادي، وممارسة التجارة الحرة داخل اتحاد جمركي.

ورغم أنَّ الأهداف المباشرة للمجموعة الاقتصادية الأوروبية كانت اقتصاديةً بحتة، فقد كانت تطلعات أعضائها دومًا أكبر من تلك الأهداف، ففي الوثيقة التأسيسية - معاهدة روما - أعلنت الدول الأعضاء عزمها «إرساء قواعد الوحدة بشكل أقرب من ذي قبل بين شعوب أوروبا»، و«تأمين التقدم الاقتصادي والاجتماعي لبلدانهم من خلال العمل المشترك لإزالة الحواجز التي تُقَسِّم أوروبا». وفي ذلك الوقت، بدت هذه الأهداف غير منطقية تمامًا: إذ لم تكن أوروبا مُقَسَّمة بفعل التحيزات القومية والتفاوتات الاقتصادية وحدها، بل كانت مقسمة أيضًا، وبشكل أساسي أكثر، بفعل الستار الحديدي الذي امتد من بحر البلطيق إلى البحر الأسود، مع سيطرة موسكو على الدول الواقعة شرقه.

لقد تم التأكيد مجددًا على السيطرة السوفيتية بعد فشل ربيع براغ عام 1968 (حيث انتهت محاولات الإصلاح التشيكوسلوفاكية بالغزو السوفيتي للبلاد)، بينما استمرت المجموعة الاقتصادية الأوروبية في قبول أعضاء جدد: المملكة المتحدة، وأيرلندا، والدنمارك عام 1973، واليونان عام 1981، وإسبانيا والبرتغال عام 1986، ثم، بعد انهيار

النسبة المئوية للأوروبيين الذين يقولون إن الاتحاد الأوروبي...



ملحوظة: النسب المئوية المذكورة هي متوسطات وفقا لـ10 دول أوروبية.

الاتحاد السوفيتي في 1991، فتحت المجموعة أبوابها للدمج الأوروبي الشامل. وفي عام 1993، تأسس الاتحاد الأوروبي بموجب معاهدة ماستريخت؛ وفي عام 1999 تم صك عملة موحدة، هي اليورو، وتنتمي 27 دولة الآن إلى الاتحاد.

ويضم الاتحاد الأوروبي أكثر من 450 مليون مواطن، أي أقل من 6 % من التعداد السكاني للعالم، لكنه يسهم بما يقرب من 20 % من الناتج الاقتصادي للعالم، مقابل نحو 25 % تسهم بها الولايات المتحدة. وهو مسئول عن نحو 15 % من صادرات العالم من السلع - أي أكثر من الولايات المتحدة بمقدار الثلث - بما في ذلك السيارات، وخطوط الطيران، والأدوية، والسلع الكمالية. وعلاوةً على ذلك، فإن نصف أعضائه الـ27 ضمن الدول الـ30 الأولى على مستوى جودة الحياة، وفقًا لمؤشر التنمية البشرية الذي وضعته الأمم المتحدة.

وعلى الرغم من ذلك، يشهد الاتحاد الأوروبي اليوم وتيرةً متزايدة من القلق والسخط؛ حيث أخذت روابط الاتحاد في التراخي، وانفصلت المملكة المتحدة عنه تمامًا.

ويُقدِّم أصحاب الرأي المؤثرون في أوروبا تفسيرات لا تنتهي لهذا التوجه الجديد من السخط: السيطرة البيروقراطية المُفرطة التي تمارسها بروكسل، وإعادة التأكيد على السيادة القومية، والقرارات الاقتصادية والسياسية الخطأ، لا سيما تبني عملة موحدة جديدة دون مسئولية مالية موحدة.

ويجب أن أعترف بأنني أشعر بالحيرة، فبصفتي شخصًا وُلِد خلال فترة الاحتلال النازي، ونشأ على الجانب الخطأ من الستار الحديدي، ولديه تاريخ عائلي أوروبي نموذجي من أصول وطنية ولغوية مُعقَّدة، أرى النتيجة التي صارت عليها أوروبا اليوم - من ناحية أوجه العجز وخلافها - مذهلة،

وعظيمة بدرجة لا تُصدَّق، ومما لا شك فيه أن هذه الإنجازات تستحق جهودًا مضاعفة للتوصل إلى تسوية للم الشمل.

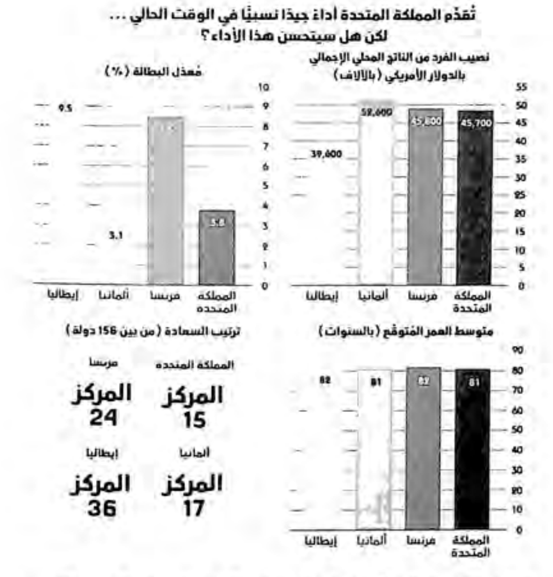
لكن بدلًا من ذلك، فقد تم الاستخفاف بعقود كاملة من السلام والرخاء، وأسهمت الهفوات والعسرات (التي كان بعضها حتميًا، وبعضها لا يُغتفر) في إعادة إشعال التحيزات والأحقاد القديمة. لكنني أتمنى لأوروبا أن تجتاز هذا الاختبار؛ إذ لا يمكن التفكير في فشلها في هذا الأمر دون مبالاة.

انسحاب المملكة المتحدة من الاتحاد الأوروبي: الحقائق الأكثر أهمية لن تتغير

ما الذي سيتغير فعلاً بعد انسحاب المملكة المتحدة من الاتحاد الأوروبي؟ لا شك في أن الكثير قد تغير بالفعل خلال فترة التمهيد المُطوَّلة غير المُتوقَّعة لهذا الحدث، ولعل الوصف الأمثل لما حدث يكون باستخدام الكلمات التي تم اكتسابها بفضل الغزو الناجح الأخير لتلك الجُزُر: لقد مرَّ البلد بفترة مُربكة من الاتهامات، والاحتقان، والإدانات، والتضليل، والتزييف، وتبادل الاتهامات، واختبار السلوك المُتَحضِّر.

لكن ما الذي سيتغير فعلًا على مدار 5 أو 10 سنوات على مستوى المُحدِّدات الأساسية لحياة الأمة؟ الأهم قبل المهم. كلنا يجب أن نأكل، ولقد نجحت المجتمعات الحديثة نجاحًا استثنائيًّا في توفير مجموعة متنوعة بشكل غير مسبوق من السلع الغذائية بأسعار ميسورة بوجه عام. ويجب أن نمد منازلنا، ومصانعنا، ووسائل مواصلاتنا بتيار لا ينقطع من الوقود والكهرباء، ويجب أن ننتج - ونستحدث - الأساسات المادية لمجتمعاتنا عن طريق التصنيع، والبناء، والصيانة، كما أننا نحتاج إلى بنى تحتية مناسبة (المدارس، والصحة، ورعاية كبار السن) لتعليم الناس ورعايتهم في المرض والشيخوخة، وما عدا ذلك فهي أمور ثانوية.

إن التقارير التي تخص كلًّا من هذه النقاط واضحة، إذ لم تكن المملكة المتحدة تتمتع بالاكتفاء الذاتي من إنتاج الطعام لبضعة قرون، وقد تضاعف اعتمادها على الواردات من نحو 20 % في ثمانينيات القرن



الماضي لتصل إلى 40 % في السنوات الأخيرة، وعلى المدى القصير يمكن للترشيد الصارم للطعام (وعدم تقديم إنتاج جديد في الشتاء) أن يُقَلِّل الاعتماد على هذا الاستيراد بدرجة مؤثرة. فثلاثة أرباع واردات الطعام الإنجليزي تأتي من الاتحاد الأوروبي، لكن زارعي الخضراوات الإسبانية ومنتجي اللحم المقدد الدنماركي سيظلون يتطلعون إلى تصدير

منتجاتهم بقدر تطلع المستهلكين الإنجليز لشرائها؛ ومن ثم لن تكون هناك ضرائب أو أسعار مُدَمِّرة للطلب.

إن آخر مرة كانت فيها المملكة المتحدة بلدًا مُصَدِّرًا صافيًا للطاقة (البترول والغاز من بحر الشمال) كانت في عام 2003، ثم أصبحت في السنوات الأخيرة تستورد 30 - 40 % من احتياجاتها الأساسية من الطاقة - وعلى رأسها الغاز الطبيعي. ومرةً أخرى، لن تحدث أية تغيُّرات كبرى في المستقبل القريب، وستضمن السوق العالمية المُزَوَّدة جيدًا بالطاقة استمرارية أسعار التصدير المعقولة.

لقد أصبحت المملكة المتحدة - التي كانت قبل ذلك المبتكرة الفريدة ورائدة التصنيع القائم على العلم الحديث (فهي في النهاية موطن «مايكل فاراداي»، و«إسامبارد كينجدم برونيل»، و«جيمس كليرك ماكسويل»، و«تشارلز ألجرنون بارسونز») - أقل تصنيعًا بالفعل من كندا، وهي أقل دول الغرب تصنيعًا على مدار التاريخ، فقد وصلت نسبة إسهام التصنيع في الناتج المحلي الإجمالي البريطاني عام 2018 إلى 9 %، مقارنة بنسبة 10 % في كندا، و11 % في الولايات المتحدة، و19، و21، و27 % بالترتيب في بقية القوى العظمى للتصنيع، وهي اليابان، وألمانيا، وكوريا الجنوبية ... و32 % في أيرلندا، التي تتفوق نسبتها الآن على نسبة الصين وهي 29 %. لكن، مرةً أخرى، ليس هناك تحول بين يوم وليلة في التدابير السياسية يمكنه تغيير هذا المسار التاريخي.

وكما الحال في بقية أنحاء أوروبا، تسبَّب توفير التعليم الحديث في المملكة المتحدة في وضع ضغط هائل على مراعاة الكم على حساب الجودة؛ حيث تعمل أطقم نظام الرعاية الصحية بها تحت الكثير من القيود المدروسة باستفاضة (والتي يوضحها بسهولة سيلٌ من التقارير حول الموظفين المنهَكين في هيئة الخدمات الصحية الوطنية

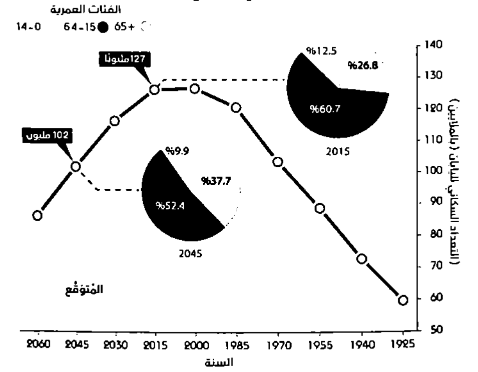
والمستشفيات المُكدَّسة)، وسيحتاج سكانها الذين يتقدمون في العمر إلى مزيد من الموارد. فسوف تتزايد نسبة إعالة كبار السن في البلد (وهم المواطنون في الـ65 من العمر فما فوق، بوصفهم جزءًا من المواطنين النشطين اقتصاديًا في الـ20 - 64 من العمر)، التي توقفت عند 32 % في عام 2020 - والتي لا تزال أدنى قليلًا من النسبة الموجودة في فرنسا أو ألمانيا - لتصبح 47 % بحلول عام 2050. ولن يكون لأي تدخل حكومي أو إعلان لاستعادة السيادة أو فصل لبيروقراطيي بروكسل أي تأثير في هذه العملية الحتمية.

وبالنظر إلى هذه الحقائق الأساسية، يجب أن يتساءل المراقب العاقل عن الاختلافات الملموسة والمزايا الواضحة التي قد تأتي بها أي إعادة تأكيد على العزلة البريطانية. فمن الممكن أن تُكتب الادعاءات الكاذبة على الحافلات. ومن السهل أن تُقطَع الوعود المُبالغ فيه. وقد تصبح مشاعر الفخر أو الرضا مقنعة لفترة وجيزة، لكن لا يمكن لأيٍّ من هذه المظاهر الملموسة أن تغيِّر ما آلت إليه المملكة المتحدة: دولة معظم سكانها من كبار السن؛ بلد غير صناعي منهك، نصيب الفرد فيه من الناتج المحلي الإجمالي أعلى قليلًا من نصف متوسط الناتج الأيرلندي (وهو شيء قد يصعب حرفيًا على أي من «سويفت»، أو «جلادستون»، أو «تشرشل» فهمه)، وقوة عُظمى سابقة يتمثَّل تفرُّدها المزعوم في وقوعها تحت حكم العديد من الأمراء المضطربين، وبث المسلسلات التليفزيونية التاريخية في القصور المُترَفة المتهاوية التي تعج بالخدم.

مخاوف بشأن مستقبل اليابان

في 2 سبتمبر عام 1945، وقَّع ممثلون عن الحكومة اليابانية وثيقة الاستسلام على متن السفينة يو إس إس ميسوري، التي رست في خليج طوكيو، وبهذا انتهت تقريبًا الحرب الأكثر تهورًا من بين الحروب الحديثة كلها، والتي كان التفوق التقني الأمريكي قد حسم نتيجتها بالفعل قبل أن تبدأ؛ حيث كانت اليابان قد خسرت بالفعل من الناحية المادية عندما هاجمت ميناء بيرل هاربر - أنتجت الولايات المتحدة في عام 1940 نحو 10 أضعاف ما تنتجه اليابان من الفولاذ، وزادت النسبة في أثناء الحرب.

التعداد السكاني الياباني على مر السنوات



لم يتخطَّ الاقتصاد الياباني المنهار ذروة ما قبل الحرب حتى عام 1953، لكن عندئذٍ، تم إرساء قواعد النهضة الفريدة للدولة، وسرعان ما تنوعت صادراتها سريعة البيع بداية من أول مذياع (سوني) وحتى أول ناقلة عملاقة للنفط الخام (سوميتومو). ووصلت الولايات المتحدة أول سيارة من طراز هوندا سيفيك في عام 1973. وبحلول عام 1980 احتلت السيارات اليابانية نسبة 30 % من السوق الأمريكية. وفي المدة بين عامي 1973 - 1974، تلقَّت اليابان، التي كانت تعتمد بشكل كلي على واردات النفط الخام، ضربة موجعة من منظمة الدول المُصَدِّرة للنفط (أوبك) التي قرَّرت مضاعفة أسعار صادراتها النفطية 5 أضعاف، لكن تداركت اليابان الموقف بسرعة من خلال الاستخدام الفعال للطاقة، وفي عام 1978 أصبحت اليابان ثاني أكبر اقتصاد في العالم بعد الولايات المتحدة. وبحلول عام 1985، صار الينّ قويًا جدًا، حتى إن الولايات المتحدة، مع شعورها بتهديد الواردات اليابانية لها، أجبرتها على تخفيض قيمته، لكن رغم ذلك واصل الاقتصاد الياباني الازدهار: ففي السنوات الخمس التي تلت يناير من عام 1985، ارتفع مؤشر نيكاي أكثر من 3 أضعاف.

وكان هذا الازدهار جيدًا بدرجة لا تُصدَّق؛ فلقد عكس هذا النجاح بالطبع نجاح اقتصاد فقاعة هائل حفزته الأسهم المتضخمة وأسعار العقارات. وفي يناير من عام 2000، أي بعد 10 سنوات من ذروته، انخفض مؤشر نيكاي لنصف قيمته التي كان عليها عام 1990، ولم يرتفع على ذلك الحد الأدنى إلا في الآونة الأخيرة.

ويحاول الآن مُصَنِّعو الإلكترونيات الاستهلاكية البارزون مثل سوني، وتوشيبا، وهيتاشي جاهدين أن يحقِّقوا أرباحًا. وتسحب تويوتا وهوندا، العلامتان التجاريتان العالميتان للسيارات اللتان كانتا مشهورتين

بجدارتهما التي ليس لها مثيل، ملايين المركبات. ومنذ عام 2014، تسببت الوسادات الهوائية المعيبة لشركة تاكاتا في أكبر عملية سحب لقطعة غيار مُصنَّعة على الإطلاق. وفي عام 2013، سبَّبت بطاريات أيونات الليثيوم غير الجديرة بالثقة من إنتاج شركة جي إس يواسا مشكلات للطائرة بوينج 787 الجديدة. وأضِف إلى هذه الحكومات كثيرة التغيُّر، تسونامي مارس 2011 الذي تبعته كارثة فوكوشيما، والمخاوف المستمرة من القرارات غير المُتوقَّعة لكوريا الشمالية، والعلاقات التي تزداد سوءًا مع الصين وكوريا الجنوبية، وها أنت بالتأكيد قد رسمت للوضع الياباني صورة مُقلِقَة.

وهناك مشكلة جوهرية بصورةٍ أكبر، وهي أن توجهات السكان هي ما يتحكم في ثروات الأمم على المدى الطويل، فليس الاقتصاد الياباني فقط هو الاقتصاد الرئيسي الأسرع تقدمًا في السن في العالم (فالشخص الرابع من كل أربعة أشخاص عمره أكبر من 65 عامًا بالفعل، وبحلول عام 2050 ستصل هذه النسبة إلى ما يقرب من 40 %)، بل إن التعداد السكاني في اليابان يتضاءل أيضًا، حيث سينكمش تعداد اليوم المُقدَّر بـ127 مليون نسمة ليصبح 97 مليون نسمة بحلول عام 2050، وتشير التنبؤات إلى تضاؤل القوة العاملة الشابة اللازمة لأعمال البناء وخدمات الرعاية الصحية. فمن الذي سيحافظ على البنية التحتية للمواصلات اليابانية المُوسَّعة التي تثير كفاءتها الإعجاب؟ ومَن الذي سيعتني بالملايين من كبار السن؟ فبحلول عام 2050، سيفوق عدد من هم في الـ80 من العمر عدد الأطفال.

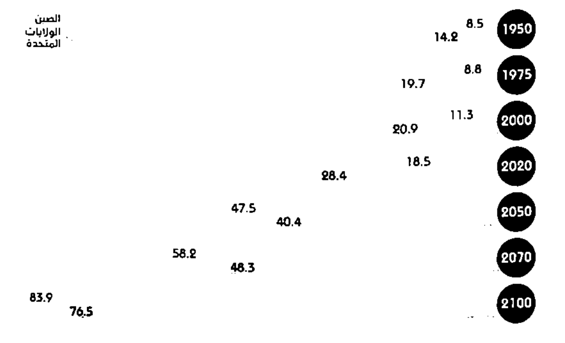
وتتبع ثروات الشعوب الكبيرة كلها مسارات مُعينة من الازدهار والتقهقر، لكن ربما كان الاختلاف الأكبر في مساراتها هو المدة التي تكون فيها في ذروة أدائها: فقد مرَّ بعضها بازدهار مُطوَّل نسبيًا متبوعًا

بتراجع ثابت (وينطبق هذا النمط على كلٍّ من الإمبراطورية البريطانية والولايات المتحدة في القرن الـ20)، ومرَّ البعض الآخر بصعودٍ سريع وصولًا إلى ذروة وجيزة، متبوعة بتراجع سريع بشكل أو بآخر. ومن الواضح أن اليابان تتبع هذا النمط الأخير، فصعودها السريع الذي تلا الحرب العالمية الثانية قد انتهى في أواخر ثمانينيات القرن الماضي، وهي في تراجعٍ مستمر منذ ذلك الحين: فلقد تحوَّلت في مدةٍ قصيرة من دولةٍ منكوبة إلى قوةٍ اقتصادية عُظمى تُثير الإعجاب - والمهابة - ثم إلى حالة من الركود والتراجع اللذين يصفان المجتمع الطاعن في السن. وتحاول الحكومة اليابانية إيجاد مخرجٍ ما، لكن الإصلاحات الجذرية ليست سهلة التطبيق في دولة تمارس التلاعب بالعملية الانتخابية، ولا تزال غير قادرة على النظر بجدية في فتح أبوابها للمهاجرين ولو على نطاق متوسط، والتي لم تنشئ بعدُ سلامًا حقيقيًّا مع جيرانها.

إلى أي مدى يمكن للصين أن تنجح؟

هناك بعض نقاط التحول التي يكون التنبؤ بها على مدى سنوات، فكم عدد المقالات التي كُتِبَت عن مدى التفوق الذي ستُحرِزه الصين على الولايات المتحدة لتصبح الدولة صاحبة الاقتصاد الأضخم في العالم بحلول - اختَر العام الذي تريد - 2015، أو 2020، أو 2025؟ حيث يتوقف التوقيت على العملات التي نستخدمها. وقد حدث ذلك بالفعل على مستوى نظرية تعادل القدرة الشرائية، التي تقارن الناتج الاقتصادي للدول المختلفة عن طريق محو الانحرافات التي تسببها التقلبات الاقتصادية

نسبة إعالة كبار السن، الصين ـ الولايات المتحدة



لأسعار صرف عملاتها المحلية. وطبقًا لصندوق النقد الدولي، ففي عام 2019 كان الناتج المحلي الإجمالي للصين الذي تضبطه نظرية تعادل القدرة الشرائية أكبر بنحو 32 % من إجمالي الولايات المتحدة.

إذا كنت تعتمد بدلًا من ذلك على سعر صرف اليوان مقابل الدولار الأمريكي، فإن الولايات المتحدة متقدمة: في عام 2019 كانت أعلى بنسبة 50% (21,4 تريليون دولار مقابل 14,1 تريليون دولار). لكن حتى في ظل التباطؤ الأخير الذي يشهده نمو الناتج المحلي الإجمالي للصين - من مُعدَّل نمو ذي خانتين إلى مُعدَّل رسمي يتراوح ما بين 6 و7% في السنة، وهو فعليًّا أقل من ذلك - فإنه لا يزال أعلى بصورة ملحوظة من النمو في الولايات المتحدة. ومن ثم فهي مسألة وقت وتصبح الصين رقم 1، ولو بالقيمة الاسمية.

بدأت الصين رحلة التحول إلى الدولة رقم 1 في عام 1978، عندما تبنَّت نظرية التحديث الاقتصادي، تاركةً خلفها ثلاثة عقود من سوء الإدارة الجسيم. وعلى مدى عقود ظلت الصين المنتِج الأكبر في العالم للحبوب، والفحم، والأسمنت، وها هي لسنوات رائدة تصدير السلع المُصَنَّعة بوجه عام والإلكترونيات الاستهلاكية بوجهٍ خاص. ولا عجب في ذلك: فالتعداد السكاني الصيني هو الأضخم في العالم (1,4 مليار في 2016)، ويتطلب اقتصادها الجديد، والذي تم تحديثه مخرجات كبيرة تتناسب مع حجمه.

لكن على مستوى القيمة النسبية، تُعد الصين بصعوبة دولة غنية: فوفقًا لحساب البنك الدولي السخي لتعادل القدرة الشرائية للدولة، قُدِّر نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي الصيني في عام 2019 بـ19,504 دولار، أو المركز الـ73 عالميًّا؛ ما يجعل الصين متخلفةً عن الجبل الأسود (مونتينيجرو) والأرجنتين، ومتقدمةً على جمهورية

الدومينيكان، والجابون، وباربادوس مباشرة - وهو مركز متميز بالكاد. فالكل يعرف بأمر أثرياء الصين الذين يشترون العقارات في فانكوفر ولندن، والساعات المُرَصَّعة بالألماس بشركة جاليري لافييت في باريس، لكنهم يُشَكِّلون أقليةً ضئيلة.

ولعل الناتج المحلي الإجمالي، ومجموعة *الأثرياء الجدد*، مقاييس مُضَلِّلة لجودة الحياة الفعلية في الصين، فقد واصلت البيئة تدهورها، وتفاقمت مشكلة تلوث الجو في المدن الصينية بدرجة لا تُصدَّق: فالحد الأقصى المقبول للجسيمات التي يقل قطرها عن 2.5 نانومتر وفقًا لمنظمة الصحة العالمية هو 25 ميكروجرامًا لكل متر مكعب من الهواء، لكن تخطَّت العديد من المدن الصينية مرارًا حاجز الـ500 ميكروجرام لكل متر مكعب. وقد شهدت بعض المدن حدًّا أقصى يفوق الـ1000، ففي عام 2015، وصل المتوسط في بكين إلى 80 ميكروجرامًا لكل متر مكعب، مقارنةً بمتوسط أقل من 10 في مدينة نيويورك. وتزيد مثل هذه المستويات بالغة الارتفاع من التلوث من أمراض الجهاز التنفسي والقلب، وتُقصِّر متوسط العمر المُتوقَّع.

إن تلوث الماء أيضًا أمرٌ سائدٌ في الصين، فما يقرب من نصف مَنْ يعيشون في المناطق الريفية في الصين يفتقرون إلى وسائل التعقيم الحديثة، ويملك كل فرد مساحة من الأرض الزراعية أقل مما يملكه الفرد في الهند. وعلى عكس دولة اليابان الأصغر كثيرًا، لا يمكن للصين مطلقًا الاعتماد بدرجة كبيرة على الواردات، حيث تُعتبر مصادر البترول والغاز الطبيعي الصيني خاضعة لمنح الولايات المتحدة، إذ تُمَثِّل الواردات الأخيرة من النفط الخام للصين أكثر من 60 % من نسبة الاستهلاك الكلي، بينما لا تُعتبر الولايات المتحدة الآن إلا مُستَورِدًا ثانويًّا. ومن الأفضل ألا نُفَكِّر في كارثة شبيهة بكارثة فوكوشيما في دولة تجد فيها

الكثير من المفاعلات النووية الجديدة التي بُنِيَت بسرعة في المحافظات الساحلية مرتفعة الكثافة السكانية، أو في جائحة أخرى تتفشى من إحدى الأسواق الشعبية للسلع الغذائية الطازجة.

أخيرًا، يتقدم التعداد السكاني للصين في العمر بسرعةٍ بعض الشيء - ولهذا توقَّف الحزب الشيوعي عن تطبيق سياسة الطفل الواحد في عام 2015 - ونتيجة ذلك، فإن الميزة الديموغرافية لها بدأت تنحسر بالفعل. وقد بلغت نسبة النشطين اقتصاديًّا إلى المُعَالين اقتصاديًّا ذروتها في عام 2010، ومع تراجع هذه النسبة، تتراجع أيضًا الديناميكية الصناعية الصينية.

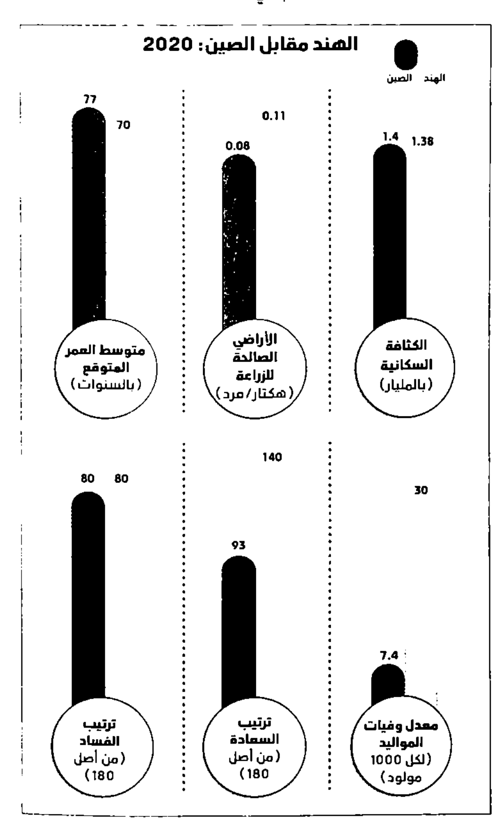
لقد شهدنا هذا كله من قبل، فيمكنك أن تقارن اليابان عام 1990، التي بدا أنَّ نهضتها تُهدِّد العالم الغربي بأكمله، باليابان في عام 2020، بعد 30 عامًا من الركود الاقتصادي (اقرأ الموضوع: مخاوف بشأن مستقبل اليابان، صفحة 75)، وربما تكون هذه الرؤية هي الأفضل للتباين المُحتمل بين الصين في عام 2020 والصين في عام 2050.

الهند مقابل الصين

هل يمكن أن تكون الهند رقم 1؟ بات ذلك أمرًا وشيك الحدوث: فقريبًا ستحل الهند محل الصين، وتصبح الدولة الأكثر كثافة سكانية في العالم، لكن السؤال هو: هل ستنهض الهند أيضًا لتتحدى الصين كقوة اقتصادية كبرى؟

منذ انهيار الإمبراطورية الرومانية على الأقل، حكمت السلالات الصينية العريقة شعبًا أكبر من الذي حكمته أية حكومة أخرى. إذ بلغ تعداد السكان في الصين نحو 428 مليون نسمة في عام 1912، عندما انتهى الحكم الإمبراطوري، وبلغ تعداد سكانها 542 مليون نسمة في عام 1949، عندما أمسك الشيوعيون بمقاليد الحكم، وبلغ تعداد السكان 1.27 مليار نسمة بحلول عام 2000، ونحو 1.4 مليار نسمة بحلول نهاية عام 2019. ويُعد تباطؤ مُعدَّل النمو نتيجةً مباشرة لسياسة الطفل الواحد، التي تم تبنيها عام 1979 وانتهت عام 2015 (انظر الفصل السابق). وفي الوقت الحالي، زاد التعداد السكاني في الهند من 356 مليون نسمة في عام 1950 إلى 1.05 مليار نسمة في عام 2000، ثم إلى 1.37 مليار نسمة بحلول نهاية عام 2019.

إن التعداد السكاني في الصين يتضاءل بسرعة - وبالنظر إلى موثوقية التنبؤات الديموغرافية قصيرة المدى، يبدو من الواضح أن الهند سوف


الهند مقابل الصين: 2020
الهند الصين
77
70
0.11
0.08
1.4 1.38
متوسط العمر المتوقع (بالسنوات)
الأراضي الصالحة للزراعة (هكتار/فرد)
الكثافة السكانية (بالمليار)
140
80 80
30
93
7.4
ترتيب الفساد (من أصل 180)
ترتيب السعادة (من أصل 180)
معدل وفيات المواليد (لكل 1000 مولود)

تتجاوز التعداد الكلي للصين في موعد أقصاه عام 2025 (وفقًا لأحدث توقعات الأمم المتحدة بشأن المتوسط) وربما مبكرًا عام 2023 مثلًا.

وفي الوقت الحالي، تُعتبر المقارنة بين هاتين الدولتين الكبيرتين مذهلة، حيث تجهض كلتا الدولتين بصورة انتقائية العديد من الفتيات؛ ما ينتج عنه خلل في النسبة بين الجنسين من المواليد. فالمُعدَّل الطبيعي هو 1.06 من الذكور مقابل 1 من الإناث، بينما تقف الهند عند المُعدَّل 1.12 وتقف الصين عند 1.15.

لقد استشرى الفساد في كلا البلدين: حيث يضع مؤشر مدركات الفساد الأخير. الذي يُنشَر من قِبل منظمة الشفافية الدولية، الهند والصين في المرتبة الـ 80 من أصل 180 دولة (إذ كانت الدنمارك الأقل فسادًا وكانت الصومال الأعلى فسادًا). ويُعتبر مُعدَّل عدم التكافؤ الاقتصادي في كلتا الدولتين، وفقًا لمُعامل جيني، مرتفعًا للغاية - نحو 48 في الهند و51 في الصين (مقارنةً بـ 25 في الدنمارك، و33 في المملكة المتحدة، و38 في الولايات المتحدة). وتتنافس الطبقات الثرية في كلتا الدولتين على حجم الاستهلاك التفاخري، فيجمع المُنتَمون إلى هذه الطبقات السيارات الفارهة والمنازل المُترفة. وعلى سبيل المثال، يملك «موكيش أمباني»، رئيس مجلس إدارة شركة ريلاينس للصناعات المحدودة الهندية، المنزل الخاص الأغلى ثمنًا في العالم، حيث تم الانتهاء في عام 2012 من بناء منزله الذي يحمل اسم أنتاليا، وهو عبارة عن ناطحة سحاب مكونة من 27 طابقًا، ويمتلك المبنى منظرًا مثاليًا على الأحياء الفقيرة لمدينة مومباي.

لكن هناك أيضًا فروقًا جوهريةً بين كلٍّ من الهند والصين، فلقد جعل النمو الاقتصادي السريع الصين منذ عام 1980 أغنى من الهند

حتى الآن، بناتج محلي إجمالي اسمي (وفقًا لتقدير صندوق النقد الدولي لعام 2019) يقرب من خمسة أضعافه في الهند (14.1 تريليون دولار مقابل 2.9 تريليون دولار)، وقد كان المتوسط للفرد في الصين عام 2019 (وفقًا لتقدير صندوق النقد الدولي)، والذي تم حسابه على أساس نظرية تعادل القدرة الشرائية، أعلى من ضعف المتوسط في الهند (20.980 دولار مقابل 9.030 دولار).

وعلى الجانب الآخر، تخضع الصين للحكم المتشدد لحزب واحد يديره المكتب السياسي المُكوَّن من سبعة من الرجال كبار السن، بينما لا تزال الهند كيانًا سياسيًّا ديمقراطيًّا لا يُمكن إنكاره رغم كونه معيبًا بدرجة كبيرة، حتى إن منظمة فريدم هاوس قد منحت الهند 75 نقطة في عام 2019 على مؤشر الحرية لدى المنظمة، مقارنة بمجرد 11 نقطة للصين، بينما حصلت المملكة المتحدة على 93 نقطة، وحصلت كندا على 99 نقطة.

وهناك مقارنة أخرى كاشفة بدرجة مساوية: إن من أكبر إنجازات الصين في مجال التقنية العالية هو تعيين رقابة شرسة على الإنترنت ومراقبة شديدة التدخل كجزء من نظام الائتمان الاجتماعي النافذ الجديد؛ بينما من أكبر إنجازات الهند في مجال التقنية العالية إسهامها المُفرِط في قيادة مؤسسات التقنية العالية، سواء داخليًّا أو خارجيًّا، فقد تبوأ الكثير من المهاجرين الهنود مناصب قيادية في وادي السليكون: «ساندر بيتشاي» في جوجل، و«ساتيا نادالا» في مايكروسوفت، و«شانتانو نارايـن» في أدوبي، و«سانجاي جا»، المدير التنفيذي السابق لشركة جلوبال فاوندريز من بين الأسماء الأبرز.

وسيكون من المذهل أن نعرف إلى أي مدى يمكن للهند أن تكرر النجاح الاقتصادي للصين، وينبغي على الصين، من جانبها، أن تتكيّف

مع خسارتها على مستوى العائد الديموغرافي: فمنذ عام 2012، صارت نسبة الإعالة هناك - عدد المواطنين في سن العمل مقسومًا على عدد من هم صغار جدًّا أو كبار جدًّا على العمل - ترتفع (حتى زادت الآن على 40 % قليلًا والسؤال هو ما إذا كانت الدولة ستشيخ قبل أن الله تصبح غنية بحق. وتعاني كلتا الدولتين مشكلات بيئية هائلة، وستواجه كلتاهما تحديًا في إطعام هذا الحجم من الكثافة السكانية - إلا أن الأراضي الزراعية في الهند تزيد بنحو 50% على الأراضي الزراعية في الصين.

وهناك مشكلة أخيرة: لا يزال يتعين على هاتين القوتين النوويتين توقيع اتفاقية مُلزِمة لإنهاء النزاع الإقليمي فيما بينهما في الهيمالايا، فقد وصل الأمر حد القتال بشأن هذه المسألة، لا سيما في عام 1962. إذ يمكن للأمور أن تكون شائكة عندما تتصارع قوتان صاعدتان على حدود مُتنازع عليها.

ورغم ذلك لا يُعتبر هذا الصراع التحدي الأكبر أمام الهند حاليًّا، إذ إن هناك مشكلات أكثر ضغطًا كالحاجة إلى خفض مُعدَّل الخصوبة لديها بأسرع ما يمكن (فإذا تساوى كل شيء عدا ذلك، يرفع هذا من دخل الفرد)، والتحديات الكامنة في التمتع بالاكتفاء الذاتي من الأطعمة الأساسية (فالدولة التي يتجاوز تعدادها السكاني 1.4 مليار نسمة هي دولة كبيرة جدًّا، بما لا يسمح لها بالاعتماد على الواردات)، وإيجاد مخرج من تدهور العلاقات بين طوائفها المختلفة.

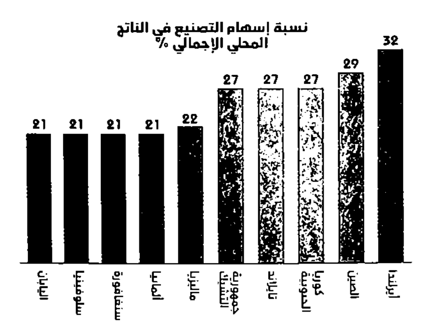
لماذا يظل التصنيع مهمًّا؟

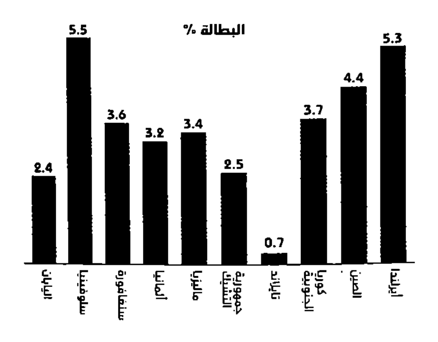
لقد أصبح التصنيع على النطاقين الكبير والصغير. وفي الفترة ما بين عامي 2000 و2017، زادت قيمة المنتجات المُصنَّعة على مستوى العالم لأكثر من الضعف، من 6.1 تريليون دولار إلى 13.2 تريليون دولار. وفي هذه الأثناء، تتضاءل الأهمية *النسبية* للتصنيع بشكلٍ سريع، ليتبع نمط التراجع السابق للزراعة (التي أصبحت تُمثِّل الآن 4 % فقط من الناتج الاقتصادي في العالم). ووفقًا للإحصاءات الوطنية المُوحدة للأمم المتحدة، تراجع إسهام قطاع الصناعة في الناتج الاقتصادي العالمي من 25 % في عام 1970 إلى أقل من 16 % بحلول عام 2017.

لقد تم تسجيل هذا التراجع في سوق الأسهم، الذي يُثمِّن العديد من شركات الخدمات في أعتى شركات الصناعة. ففي نهاية عام 2019، بلغت القيمة السوقية لشركة فيسبوك - ذلك الموقع الذي يمدنا بسيل مستمر من الصور الذاتية - نحو 575 مليار دولار، أي ما يزيد بما يقرب من 3 أضعاف القيمة السوقية لشركة تويوتا، وهي رائدة صناعة سيارات الركاب في العالم، كما بلغت قيمة شركة ساب، وهي شركة البرمجيات الأكبر في أوروبا، نحو 60 % أكثر من شركة إيرباص، أكبر شركة مُصنِّعة للطائرات النفَّاثة في أوروبا.

ورغم ذلك لا يزال التصنيع مهمًّا لصحة اقتصاد الدولة؛ لأنه ليس هناك قطاع آخر يمكنه توفير هذا الكم من الوظائف ذات الرواتب

التصنيع يوفر الوظائف: سجلت دولتان فقط من أصل الدول الصناعية الـ10 المتصدرة معدل بطالة أعلى من 5 %





المُجزية، وإليك على سبيل المثال شركة فيسبوك، التي بلغ عدد موظفيها في نهاية عام 2019 نحو 43.000 موظف في مقابل شركة تويوتا التي بلغ عدد موظفيها في السنة المالية 2019 نحو 370.000 موظف أو نحو ذلك؛ فالتصنيع لا يزال مهمًّا.

وتظل القوى الاقتصادية الأربع المُتَصدِّرة هي القوى التي تتربع على القمة، وتُمثِّل نحو 60 % من الناتج التصنيعي في العالم في عام 2018. وقد تصدَّرت الصين القائمة بنحو 30 %، تليها الولايات المتحدة (نحو 17 %)، ثم اليابان، وألمانيا. لكن تختلف هذه الدول بصورة ملحوظة فيما يتعلَّق بالأهمية النسبية للتصنيع بالنسبة لاقتصاد كل منها. ففي السنة نفسها التي أسهم فيها قطاع التصنيع في الناتج المحلي الإجمالي للصين بما يزيد على 29 % عام 2018، أسهم بنحو 21 % في الناتج المحلي الإجمالي لليابان وألمانيا، و12 % فقط في الناتج المحلي الإجمالي للولايات المتحدة.

وإذا كنت تُرَتِّب الدول حسب القيمة التصنيعية للفرد، تكون ألمانيا هي الدولة المُتَصدِّرة بين الدول الكبار الأربع، بنحو 10.200 دولار في عام 2018، ، تليها اليابان بنحو 7900 دولار، والولايات المتحدة بنحو 6800 دولار، والصين بنحو 2900 دولار فقط. أما رائدة العالم اليوم فهي أيرلندا، تلك الدولة التي حتى التحاقها بالاتحاد الأوروبي (الذي عُرِف قبل ذلك بالمجموعة الاقتصادية الأوروبية) في عام 1973 كان القطاع الصناعي فيها محدودًا. فلقد جذب انخفاض الضرائب على الشركات لديها (12.5 %) الشركات متعددة الجنسيات، والتي تنتج الآن 90 % من الصادرات المُصنَّعة للدولة، ما جعل القيمة التصنيعية للفرد تتخطى حاجز 25.000 دولار في السنة، متقدمةً على سويسرا؛ حيث تُقدَّر القيمة التصنيعية للفرد هناك بـ15.000 دولار. وعندما تتأمل

في التصنيع السويسري، فإنك تفكر في الشركات المحلية الشهيرة مثل نوفارتس وروش (للصناعات الدوائية) أو مجموعة سواتش (لساعات اليد مثل لونجين، وأوميجا، وتيسو وغيرها من العلامات التجارية الشهيرة). لكنك عندما تتأمل التصنيع الأيرلندي، فإنك تفكر في شركة أبل، أو جونسون آند جونسون، أو فايزر، وكلها شركات أجنبيه.

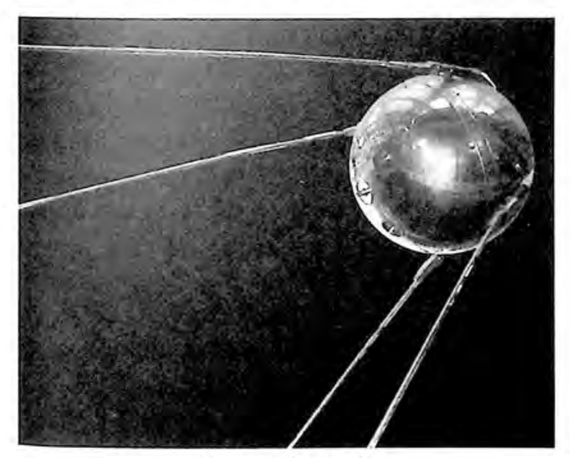
لا تتضمن الدول التي تُمثِّل فيها البضائع المُصنَّعة أكثر من 90 % من إجمالي حجم تجارة السلع الصين وأيرلندا فقط، بل تتضمن أيضًا بنجلاديش، وجمهورية التشيك، وكوريا الجنوبية، وبعضًا من دول الشرق الأوسط. وتقترب ألمانيا من نسبة 90 %، أما نصيب الولايات المتحدة فهو أقل من 70 %.

ويُعتبر صافي ميزانية التجارة الدولية للسلع المُصنَّعة كاشفًا أيضًا، لأنه يشير إلى شيئين: إلى أي مدى يمكن لدولة أن تلبي احتياجاتها الخاصة من المنتجات، والطلب على منتجاتها من الخارج. وكما هو مُتوقَّع، تملك سويسرا، وألمانيا، وكوريا الجنوبية فوائض كبيرة، بينما سجلت الولايات المتحدة رقمًا قياسيًا آخر في العجز في تجارة السلع في عام 2018 يُقدر بـ 891 مليار دولار، أو نحو 2700 دولار للفرد - وهو الثمن الذي تدفعه لاستيراد الإلكترونيات، والملابس، والأحذية، والأثاث، وأدوات المطبخ من آسيا.

لكن ظلَّت الولايات المتحدة تحقِّق فوائض من تجارة السلع المُصنَّعة على مدار أجيال حتى عام 1982. بينما ظلَّت الصين تعاني عجزًا متكررًا حتى عام 1989. فما فرص تصحيح الولايات المتحدة لعدم التوازن الهائل على مستوى تجارة السلع المُصنَّعة بينها وبين الصين أو الهند التي باتت تكرر النجاح الصيني في مجال التصنيع؟

روسيا والولايات المتحدة الأمريكية: كيف لا تتغير بعض الأمور مطلقًا؟

إن التوتر الذي نشأ بين روسيا والولايات المتحدة في العقد الثاني من القرن الـ 21 ما هو إلا نسخة أحدث من المنافسة طويلة المدى بين القوى العظمى. فقد انسحبت الولايات المتحدة في أغسطس من عام 2019 من معاهدة الصواريخ النووية متوسطة المدى مع روسيا، حيث



القمر الصناعي سبوتنك

يُطوِّر كلا الجانبين قذائف جديدة، في ظل السجال الدائر بين الدولتين حول مستقبل أوكرانيا التي كانت تابعةً من قبل للاتحاد السوفيتي.

وبالرجوع إلى ما جرى سابقًا، يتضح لنا أن إحدى اللحظات الحاسمة في المواجهة الأمريكية الروسية التي استمرت لعقود طويلة كانت يوم الجمعة 4 أكتوبر 1957، عندما أطلق الاتحاد السوفيتي القمر الصناعي سبوتنِك 1، وهو أول قمر صناعي يتم إطلاقه. وقد كان هذا القمر الصناعي متواضعًا على المستوى التقني: كان عبارة عن كرة يصل قطرها إلى 58 سنتيمترًا، تزن نحو 84 كيلوجرامًا، وينبثق منها أربعة هوائيات. ورغم أن بطارياته الثلاث المصنوعة من الزنك الفضي تُشكِّل 60% من كتلته الكلية، كانت قدرة تحملها 1 وات فقط - وهي قدرة كافية لبث إشارات صوتية حادة سريعة عبر تردد 20,007 و40,002 ميجاهرتز لثلاثة أسابيع. وقد دار القمر الصناعي حول كوكب الأرض 1440 مرة قبل أن يسقط محترقًا في 4 يناير 1958.

ولم يكن من المُفترض أن يُشكِّل إطلاق القمر الصناعي سبوتنك أية مفاجأة، فلقد كشف كل من السوفييت والأمريكان عن نيتيهما لوضع أقمار صناعية في مسار أثناء السنة الجيوفيزيائية الدولية (1957 - 1958)، حتى إن السوفييت قد نشروا بعض التفاصيل التقنية قبل الإطلاق، لكن ليس هكذا استشعر العامة تلك الكرة الصغيرة ذات الإشارات الصوتية السريعة في نهاية عام 1957.

لقد أبدى العالم الغربي دهشته، بينما بدت الولايات المتحدة مُحرَجَة، وتعمَّقت مشاعر الحرج هذه في ديسمبر من العام نفسه، عندما انفجر الصاروخ فانجارد تي في 3، الذي تم إطلاقه بتسرُّع لاعتراض تأثير القمر الصناعي سبوتنك، على منصة الإطلاق في مركز كيب كانافيرال بعد ثانيتين فقط من إطلاقه. وقد سأل أعضاء الوفد السوفيتي

للأمم المتحدة نظراءهم من الولايات المتحدة عن رغبتهم في تلقي أية مساعدة تقنية تحت إشراف البرنامج السوفيتي للدول النامية.

وقد أدت هذه الإهانة على الملأ إلى إجراء اتصالات لتسريع البرنامج الفضائي للولايات المتحدة، لمحو الاعتقاد في التأخر التقني للدولة، ولدعم التعليم في مجالي الرياضيات والعلوم، وربما كانت الصدمة التي تلقاها النظام التعليمي الأمريكي هي الأكبر في تاريخه.

وكان لهذا كله مغزى شخصي بالنسبة لي، ففي أكتوبر من عام 1957 كنتُ مراهقًا في تشيكوسلوفاكيا، وكل يوم في أثناء سيري إلى المدرسة كنت أنظر إلى ألمانيا الغربية، التي كان الوصول إليها غير ممكن لوقوعها خلف الأسلاك الشائكة وحقول الألغام، فكانت أشبه بكوكب آخر. وقد صرَّح رئيس الاتحاد السوفيتي السابق «نيكيتا خروتشوف» للعالم الغربي في ذلك الوقت، قائلًا: «سندفنكم»، وأصبح تفاخره بالتفوق السوفيتي في العلوم والهندسة يلقى دعمًا لدى ردود الفعل الأمريكية المرتعشة. وقد قذف ذلك الاستعراض الأخير للقوة السوفيتية الرعب في قلوب الكثيرين من أبناء جيلنا، رعبًا لن ينتهي إن عاجلًا أم آجلًا.

لكن اتضح أنه لم تكن هناك قط أية فجوة علمية أو هندسية: فسرعان ما حازت الولايات المتحدة الصدارة بإطلاقها الأقمار الصناعية لأغراض الاتصالات، والتوقعات الجوية، والتجسس. وبعد أقل من اثني عشر عامًا من مفاجأة القمر الصناعي سبوتنك، وطئت أقدام «نيل آرمسترونج» و«بز ألدرن» القمر - المكان الذي لم تطأه قدما أي رائد فضاء سوفيتي قط.

وبعد 11 عامًا من واقعة القمر الصناعي سبوتنك، تهاوت الإمبراطورية السوفيتية - حتى لو بشكلٍ مؤقت - أثناء ربيع براج، عندما حاولت تشيكوسلوفاكيا تبني شكل أكثر حرية في حكمها (الذي لا يزال

شيوعيًا). ونتيجة ذلك، استطاع التشيكيون الذين لم يكونوا أعضاء في الحزب الشيوعي الحصول على جوازات سفر للغرب؛ لهذا وصلت أنا وزوجتي إلى نيويورك في أغسطس من عام 1969، قبل أسابيع معدودة من إغلاق الحدود لعقدين آخرين.

وفي عام 1975، بعد أن انتقلنا من الولايات المتحدة إلى كندا بوقت قصير، عرض المعرض الكبير الأول لمركز مؤتمرات وينبيج، الذي كان قد تم الانتهاء من إنشائه حديثًا، برنامج الفضاء السوفيتي؛ حيث تم عرض نموذج بالحجم الطبيعي للقمر الصناعي سبوتنك وتعليقه بالخيوط وسط القاعة الرئيسية. وعندما ركبتُ المصعد وشاهدت هذه الكرة اللامعة من أعلى، عُدت بالذاكرة إلى 4 أكتوبر عام 1957، عندما لم تومئ إشاراتها الصوتية بالنسبة لي إلى عظمة الهندسة والعلوم، بل إلى الخوف من استمرار القوة السوفيتية لبقية حياتي.

لقد استطعنا النجاة، لكن كما يقول الفرنسيون: *كلما تغيّرت الأشياء بقيت على حالها*.

إمبراطوريات تتداعى:
ليس هناك جديد يحدث

لم يكن يومًا الحفاظ على أية إمبراطورية، سواء كانت حقيقية (يحكمها إمبراطور أو إمبراطورة) أو إمبراطورية من الناحية العملية (وفقًا للقدرة الاقتصادية والعسكرية وقائمة بفعل عرض القوة وتغيُّر الحلفاء). بالأمر السهل. إن مقارنة عمر الإمبراطوريات تعد أمرًا صعبًا، نظرًا إلى الدرجات المختلفة من المركزية والممارسة الحقيقية للسيطرة الإقليمية، والسياسية، والاقتصادية الفعّالة. لكن هناك اكتشافًا بارزًا: رغم القدرات العسكرية، والتقنية، والاقتصادية المتزايدة للأمم الكُبرى، أصبح الحفاظ على الإمبراطوريات الكبيرة لفترات زمنية مُطوَّلة أكثر صعوبة.

طول عمر الإمبراطوريات الحديثة و"الإمبراطوريات"

	سنة	
الإسبانية	318	1810-1492
البريطانية	342	1947-1605
تشينغ	267	1911-1644
الأمريكية	77	1975-1898
السوفيتية	74	1991-1917
اليابانية	14	1945-1931
النازية	12	1945-1933
الصينية الشيوعية	?	?-1949

وفي عام 2011، عندما حلَّل عالم الرياضيات «صموئيل أربيسمان»، الذي كان في ذلك الوقت أستاذًا بمعهد العلوم الاجتماعية الكمّية بجامعة هارفارد، أعمار 41 إمبراطورية قديمة قامت في الفترة ما بين عامي 3000 ق.م و600 م، وجد أن متوسط أعمارها كان 220 سنة، لكن توزيع دورات حياة الإمبراطوريات كان غير متكافئ بدرجة كبيرة، فتلك الإمبراطوريات التي امتد عمرها لـ200 عام على الأقل كانت أكثر شيوعًا بستة أضعاف من تلك التي ظلَّت قائمة لثمانية قرون. وعلاوة على ذلك، فإن الإمبراطوريات الثلاث الأكثر صلابة - إمبراطورية عيلام، التي استمرت عشرة قرون، والمملكتين المصريتين القديمة والجديدة، اللتين استمرتا خمسة قرون - قد بلغتا قمة ازدهارهما قبل عام 1000 ق.م (إمبراطورية عيلام عام 1600 ق.م تقريبًا، والمملكة المصرية القديمة والحديثة عامي 2800 و1500 قبل الميلاد).

لم يكن هناك قصر في عمر الإمبراطوريات بعد عام 600 م، لكن بإمعان النظر نجد أنه لا مكسب من طول العمر، فقد استمر الحكم في الصين طبعًا بشكل من أشكال الحكم الإمبراطوري حتى عام 1911، إلا أن هذا الحكم تضمَّن عددًا من السلالات المختلفة - من بينها تلك السلالات التي شكلها الغُزاة الأجانب، وسلالة يوان المنغولية التي لم تستمر طويلًا (1279 - 1368)، وسلالة تشينغ الحاكمة (1644 - 1911) - التي مارست درجات مختلفة من السيطرة على المقاطعات المُتَقلِّصة والممتدة، وكثيرًا ما كان هذا بفعل مطالبتها الضعيفة بالأقاليم الشمالية والغربية خارج نطاق حدود الصين الأصلية.

إن توقيت قيام الإمبراطوريتين الإسبانية والبريطانية مثير للجدل إلى حد كبير، وقد تم اعتبار 1492 عام نشأة الإمبراطورية الإسبانية و1810 العام الفعلي لنهايتها، أي بعد ثلاثة قرون فقط من حكمها من

مدريد (أو، بعد عام 1584، من منطقة الإسكوريال). وهل يمكننا أن نعتبر أن قيام الإمبراطورية البريطانية كان منذ عام 1497 (رحلة «جون كابوت» البحرية إلى أمريكا الشمالية) أم عام 1604 (معاهدة لندن، التي اختتمت الحرب الإنجليزية الإسبانية) - وأن نهايتها (بصرف النظر عن الأملاك الضئيلة المتبقية من أقاليم وراء البحار، تمتد من إقليم أنجويلا حتى جزر تركس وكايكوس) كانت عام 1947 (فقدان مستعمرة الهند) أم عام 1960 (عندما استقلت نيجيريا، أكثر الدول الأفريقية سكانًا)؟ وقد تمنحنا التواريخ اللاحقة 365 عامًا.

ولم تكن هناك أية إمبراطورية قادرة على الاستمرار طوال القرن الـ20 كله، فقد انتهت آخر سلالة صينية، سلالة تشينغ، في عام 1911 بعد 267 عامًا من الحكم، ولم تتأسس الإمبراطورية الشيوعية الحديثة إلا في عام 1949، وأخيرًا استعادت الإمبراطورية السوفيتية، التي تلت عائلة رومانوف، السيطرة على معظم الأراضي التي كانت تخضع سابقًا لحكم القياصرة (بينما كانت فنلندا وأجزاء من بولندا هي الاستثناءات الكُبرى)، وبعد الحرب العالمية الثانية توسع نطاق سيطرتها على بلدان شرق ووسط أوروبا؛ حيث امتد الستار الحديدي من بحر البلطيق حتى البحر الأسود.

وخلال سنوات الحرب الباردة، بدت الإمبراطورية ضخمة في أعين مُخطِّطي حلف الناتو وصانعي السياسة في واشنطن، لكنها من الداخل (إذ عِشت في هذه الإمبراطورية حتى سن الـ26 من عمري) كانت تبدو أقل ضخامة، ومع ذلك فقد كان من المدهش أنها تفككت أخيرًا بهذه السهولة، إذ استمرت من الأسبوع الأول من نوفمبر من عام 1917 حتى الأسبوع الأخير من ديسمبر عام 1991، وبذلك يكون عمر الإمبراطورية 74 عامًا وشهرًا، وهو عمر رجل أوروبي عادي.

كان عمر العدوانين الياباني والألماني أقصر، وهذا شيءٌ انقطعت به كثيرٌ من الشرور، فقد بدأت القوات اليابانية احتلال منطقة منشوريا في سبتمبر من عام 1931، وبداية من 1937 احتل الجيش مقاطعات عديدة في شرق الصين، وبدايةً من عام 1940 احتلت فيتنام، وكمبوديا، وتايلاند، وبورما، ومساحة كبيرة مما يُعرف اليوم بإندونيسيا عدا جزء صغير منها، وفي يونيو من عام 1942 احتلت القوات اليابانية أتو (الجزيرة الواقعة في أقصى غرب سلسلة جزر ألوتيان التي تُعتبر جزءًا من ألاسكا) وجزيرة كيسكا، التي تبعد نحو 300 كيلومتر إلى الغرب. وقد فُقِدَت هذه المواقع الأمامية الواقعة في أقصى الغرب بعدها بـ13 شهرًا فقط، وتم توقيع اتفاقية استسلام اليابان في 2 سبتمبر 1945، وبذلك يكون التوسع الإمبريالي الياباني قد استمر لـ14 عامًا بالضبط. وفي تلك الأثناء، سقط الرايخ الثالث الألماني، الذي كان من المفترض أن يستمر لألف سنة، بعد 12 سنة و3 أشهر من تولي «أدولف هتلر» منصب مستشار *الرايخ الألماني* في 30 يناير 1933.

وماذا عن «الإمبراطورية» الأمريكية؟ حتى إذا كنا سنصدِّق وجودها الحقيقي ووقت قيامها هو عام 1898 (الحرب الأمريكية الإسبانية واحتلال الفلبين، وبورتوريكو، وجوام، هل يجب أن نصدِّق أنها ما زالت إمبراطورية قوية؟ فقد كانت الحرب العالمية الثانية هي آخر صراع حقيقي تحوز فيه الولايات المتحدة نصرًا حاسمًا، أما بقية الحروب (الحرب الكورية، وحرب فيتنام، وحرب أفغانستان، وحرب العراق) فكانت مزيجًا يصعب تصنيفه من الانهزامات المُكلِّفة والإنهاكات المتبادلة. وحتى حرب الخليج الوجيزة 1990 ـ 1991 لم يكن فيها الفوز واضحًا؛ حيث أدت بشكل مباشر بعد 12 عامًا إلى سنوات دامية من غزو العراق وحصاره (2003-2011). وأصبح نصيب الدولة من الناتج الاقتصادي العالمي

يتضاءل بثبات منذ ذروته غير الطبيعية في عام 1945، وقتما كانت كل الاقتصادات الكبرى الأخرى إما منهارة وإما منهكة نتيجة الحرب، وقد أبدت الكثير من الدول التي تدور في المدار الإمبريالي الأمريكي المزعوم رغبة طفيفة في الرضا والتبعية، ومن ثم من الواضح أنها ليست «إمبراطورية» يمكن تحديد عمرها.

ومن الذي يجب أن يولي الاهتمام الأكبر لهذه الدروس المُستفادة من زوال الإمبراطوريات؟ بالطبع الحزب الشيوعي الصيني الذي يحاول قمع التبت وشينجيانغ، والذي لم تُكسِبه سياساته أية صداقات حقيقية على امتداد الحدود الطويلة للبلد، بل أدت إلى التعدي على بحر الصين الجنوبي، والذي يتمثَّل قراره بالاستثمار بكثافة (على غرار طريق الحرير) في الدول الآسيوية والأفريقية الأكثر فقرًا في شراء النفوذ السياسي طويل المدى. وقد احتفل الحزب بمرور 70 عامًا على التجسيد الأخير للحكم الإمبريالي في أكتوبر 2019: وبالنظر إلى تاريخ طول عمر الإمبريالية الحديثة، ما احتمالية استمراره لنحو 70 عامًا أخرى من الآن؟

آلات، وتصميمات، وأجهزة..
اختراعات شكَّلت عالمنا الحديث

كيف صنعت ثمانينيات القرن الـ 19 عالمنا الحديث؟

وفقًا لعُشّاق العالم الإلكتروني، أمدّتنا نهاية القرن الـ 20 والعقدان الافتتاحيان للقرن الـ 21 بعددٍ غيرِ مسبوقٍ من الاختراعات المؤثرة، لكن هذا الرأي يقوم على سوء فهم تصنيفي، إذ إن معظم الإنجازات الحديثة هي أشكال متنوعة لاكتشافين قديمين أساسيين: المُعالِجات الدقيقة (انظر اختراع الدوائر المتكاملة، صفحة 127)، واستغلال موجات الراديو، والتي هي جزء من المجال الكهرومغناطيسي. فأصبحت الآن الشرائح المُدمجة الأكثر فاعلية وتخصصًا تدير كل شيء، بدايةً من الروبوت الصناعي والطيار الآلي للطائرات النفاثة، وحتى موقد المطبخ والكاميرا الرقمية، والعلامة التجارية الأشهر على مستوى العالم لصناعة أجهزة الاتصال النقَّالة تستخدم موجات الراديو بالغة الارتفاع.

وفي الواقع، ربما كان الوقت الأكثر زخرًا بالابتكارات على مدار التاريخ البشري هو ثمانينيات القرن الـ 19، وهل هناك مجموعتان من الابتكارات الأساسية والاكتشافات العصرية شكَّلت العالم الحديث أكثر من الكهرباء ومحركات الاحتراق الداخلي؟

إن الكهرباء وحدها، من دون الشرائح الإلكترونية الدقيقة، كافية لتشكيل عالم ثري معقد (وقد أصبح لدينا واحد بالفعل في ستينيات القرن الماضي)، ورغم ذلك فإن العالم الإلكتروني الذي تحكمه الشرائح الدقيقة يعتمد حرفيًا على إمداد الكهرباء الذي يظل تصميمه الأساسي



ثمانينيات القرن الـ 19 الإعجازية

مدينًا بالفضل لأنظمة توليد الكهرباء من الطاقة الحرارية والطاقة المائية، والتي وصلت كل منهما للسوق التجارية في عام 1882، ولا تزال توفّر أكثر من 80 % من كهرباء العالم. ونطمح إلى إتاحتها لـ99.9999% من الوقت على الأقل، لتمثّل حجر أساس كل ما هو إلكتروني.

أضف إلى ذلك الإنجازات العظيمة لشركات مرسيدس - بنز، ومايباخ، ودايملر، التي ألهم نجاحها في محركات البنزين «رودولف

ديزل» لاختراع بديل أكثر كفاءة بعدها بعقد واحد (اقرأ أيضًا لماذا لا يجب إلغاء محركات ديزل حتى وقتنا هذا؟ صفحة 115). أيضًا بنهاية القرن الـ 19 كانت لدينا تصميمات تصورية للمحركات الأكثر فاعلية على الإطلاق من بين المحركات ذات الاحتراق الداخلي: التوربينات الغازية، وفي ثمانينيات القرن الـ 19 أثبتت تجارب «هاينريش هيرتز» وجود الموجات الكهرومغناطيسية (الناتجة عن تذبذب المجالين الكهربائي والمغناطيسي)، التي تزيد أطوالها الموجية من أشعة كونية شديدة القصر إلى أشعة إكس، والأشعة فوق البنفسجية، والأشعة المرئية، والأشعة تحت الحمراء، والموجات متناهية القصر، وموجات الراديو. وقد تنبأ «جيمس كليرك ماكسويل» بوجودها قبل استخدامها بعقود، لكن «هيرتز» هو من أدخلنا بشكلٍ فعلي إلى العالم اللاسلكي.

إن ثمانينيات القرن الـ 19 متشعبة في حياتنا بطرق كثيرة أكثر بساطةً، فقبل أكثر من عقد مضى، تتبعت في كتابي *Creating the Twentieth Century* العديد من الأنشطة اليومية للمواطن الأمريكي الذي يستخدم فيها الأدوات العادية، ويمارس الأعمال المُنبثقة من هذا العقد الإعجازي. إذ تستيقظ السيدة اليوم في إحدى المدن الأمريكية وتعد كوبًا من قهوة ماكسويل هاوس (التي أُطلقت عام 1886)، وتفكِّر في تناول إحدى شطائر آنت جيميما المفضلة لديها (التي تُباع منذ عام 1889)، لكنها تختار في النهاية حبوب الشوفان المُعلَّبة كويكر أوتس (المتوافرة منذ عام 1884)، ثم تهذب بلوزتها بالمكواة الكهربائية (التي حصلت على براءة الاختراع في عام 1882)، وتضع مضاد التعرق (المتاح منذ عام 1888)، لكنها لا تستطيع تعبئة طعام الغداء لاصطحابه معها لنفاد الأكياس الورقية البنية (حيث انطلقت عملية تحويل ورق كرافت المتين لسلعة تجارية في ثمانينيات القرن الـ 19).

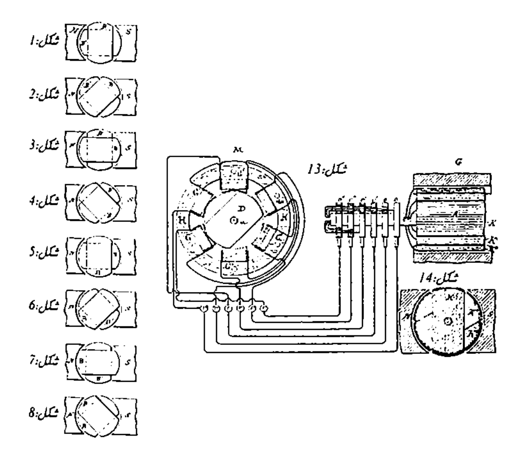
وتتنقل السيدة نفسها باستخدام القطار الخفيف (الذي ينحدر مباشرة من الترام الكهربائي الذي بدأ يخدم المدن الأمريكية في ثمانينيات القرن الـ 19)، فتكاد تصطدم بها دراجة (وهي الشكل الحديث من اختراع آخر - ذي عجلات متساوية الحجم وسلسلة قيادة - ظهر في ثمانينيات القرن الـ 19: انظر المحركات أقدم من الدراجات!، صفحة 191)، ثم تمر من خلال باب دوَّار (ظهر للمرة الأولى في مبنى في فيلادلفيا عام 1888) دخولًا إلى ناطحة سحاب متعددة الأدوار ذات هيكل معدني (حيث تم الانتهاء من أول ناطحة سحاب مماثلة في شيكاغو عام 1885). ثم تتوقف عند كشك للصحف في الطابق الأول. وتشتري نسخة من *مجلة وول ستريت* (التي تُنشَر منذ عام 1889) من بائع يقوم بتسجيل المجلة في آلة تسجيل النقد (التي حصلت على براءة اختراع في عام 1883). ثم تصعد للطابق الـ 10 في مصعد (حيث تم تركيب أول مصعد كهربائي في أحد مباني مدينة نيويورك في عام 1889)، وتتوقف عند ماكينة بيع تعمل بالعملة المعدنية لتشتري عبوة كوكا كولا (التي اختُرِعت عام 1886). وقبل أن تشرع في عملها تكتب بعض العبارات التذكيرية باستخدام قلم الحبر الجاف الخاص بها (الذي سُجلت براءة اختراعه في عام 1888).

لقد كانت ثمانينيات القرن الـ 19 فترة حافلة بالابتكارات المُبهرة، وقد أمدتنا بإسهامات مختلفة كمضادات التعرق، والإضاءة رخيصة الثمن، والمصاعد الكهربائية الموثوقة، ونظرية الطاقة الكهرومغناطيسية، رغم أن معظم الناس التائهين في تغريداتهم العابرة والثرثرة عبر موقع فيسبوك غير مدركين، ولو من بعيد، المدى الحقيقي لهذا الدَّين الذي يدينون به لهذه الاختراعات في كل يوم.

كيف تدير المحركات الكهربائية الحضارة الحديثة؟

تطورت الأجهزة الكهربائية بسرعة فائقة في ثمانينيات القرن الـ 19، ذلك العقد الذي شهد أول محطات للطاقة، ومصابيح كهربائية قادرة على العمل فترات طويلة، ومُحوِّلات - لكن تم إهمال إنجازات المحركات الكهربائية لمعظم الوقت.

ويعود تاريخ اختراع محركات التيار المستمر إلى ثلاثينيات القرن الـ 19، عندما حصل «توماس دافنبورت» من ولاية فيرمونت على براءة اختراع أول محرك أمريكي، واستخدمه في تشغيل ماكينة طباعة، كما استخدم «موريتس فون ياكوبي» من مدينة سانت بطرسبرج محركاته لتسيير قارب صغير يعمل بدواليب التجديف في نهر نيفا. لكن لا يمكن لتلك الأجهزة التي تُدار بالبطاريات أن تنافس قوة البخار، فقد انقضى أكثر من ربع قرن قبل أن يتمكن «توماس إديسون» أخيرًا من تسويق القلم الكهربائي لتفريغ الورق كسلعة تجارية لمضاعفة الوثائق المكتبية، والذي كان يعمل هو الآخر بمحرك تيار مستمر. ومع بدء انتشار توليد الكهرباء التجاري بعد عام 1882، أصبحت المحركات الكهربائية شائعة، وبحلول عام 1887 كان المصنِّعون الأمريكيون يبيعون نحو 10,000 وحدة في السنة، حيث استخدم بعضها في تشغيل أول مصاعد كهربائية، وكانت جميعها مع ذلك تعمل بمحركات التيار المستمر.



رسوم توضيحية مُلحقة ببراءة اختراع الأمريكي تسلا لمحرك كهربائي يعمل بالتيار المتردد

بدأ موظف سابق لدى «إديسون»، «نيكولا تسلا» صربيُّ المولد، تأسيس شركته لتطوير محرك قادر على العمل بالتيار المتردد، وكان يستهدف بهذا الاختراع الاقتصاد، والمتانة، وسهولة التشغيل، والأمان. لكن «تسلا» لم يكن أول من يعلن عن ذلك: ففي مارس من عام 1888 ألقى المهندس الإيطالي «جاليليو فيراري» محاضرةً عن محركات التيار المتردد في الأكاديمية الملكية للعلوم في تورين، ونشر استنتاجاته بعدها بشهر. وكان ذلك قبل شهر من محاضرة «تسلا» المماثلة في المعهد الأمريكي لمهندسي الكهرباء. ورغم ذلك كان «تسلا» - المدعوم

كيف تدير المحركات الكهربائية الحضارة الحديثة؟

بالتمويل السخي من مستثمري الولايات المتحدة - هو من صمَّم محركات التيار المتردد الحثية، وكذلك محوّلات التيار المتردد ونظام التوزيع اللازمين. وقد تم منحه براءتي الاختراع الأساسيتين للمحرك الكهربائي متعدد الأطوار في عام 1888، وبحلول عام 1891 كان قد تقدَّم بنحو 36 براءة اختراع أخرى.

في المحرك الكهربائي متعدد الأطوار، لكل قطب كهرومغناطيسي في الجزء الثابت من المحرك (المَبيت الثابت) ملفات عديدة، ينقل كلٌ منها التيارات المترددة بتردد وسعة متساوية، لكنها تختلف في الطور فيما بينها (تختلف عن المحرك ثلاثي الأطوار بثلث المدة).



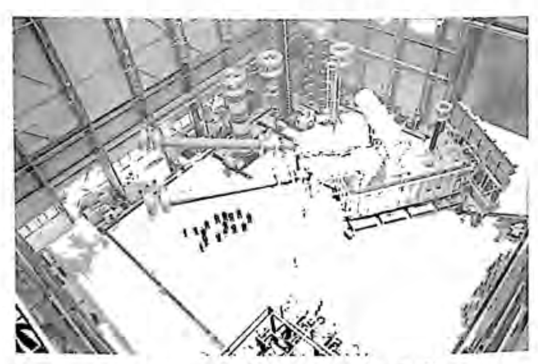
«نيكولا تسلا» في شبابه

استحوذ «جورج وستنجهاوس» على براءات اختراع محرك التيار المتردد لـ«تسلا» في يوليو من عام 1888، وبعدها بعام بدأت شركة وستنجهاوس إلكتريك في بيع أول جهاز كهربائي صغير الحجم: مروحة تعمل بمحرك تيار متردد بقوة 125 وات. وقد كانت براءة الاختراع الأولى التي حصل عليها «تسلا» للمحرك ثنائي الأطوار، وتعتمد الكثير من المنازل الحديثة اليوم على المحركات الكهربائية الصغيرة أحادية الأطوار، أما الماكينات ثلاثية الأطوار الأكبر والأكفأ فهي أكثر شيوعًا في الاستخدامات الصناعية. وقد بنى «ميخائيل أوسيبوفيتش دوليفو-دوبروفولسكي»، وهو مهندس كهربائي كان يعمل رئيسًا لفنيي الكهرباء لدى الشركة الألمانية «أيه إي جي» للكهرباء العامة، أول محرك حثي ثلاثي الأطوار في عام 1889.

يُباع اليوم نحو 12 مليار محرك صغير غير صناعي في كل عام، من بينها نحو 2 مليار جهاز صغير للغاية (يصل قطره إلى 4 ملليمترات) يعمل بالتيار المستمر، ويُستخدم في منبهات الاهتزاز المُدمجة في الهواتف المحمولة، تعمل بجهد يُقدَّر بكسر صغير من الوات. وعلى الجانب الآخر نجد المحركات بجهد 6.5 إلى 12.2 ميجاوات المُستخدمة في تشغيل القطارات الفرنسية السريعة (القطارات فائقة السرعة)، أما المحركات الثابتة الأكبر حجمًا، والتي تُستخدم في تشغيل ضواغط الهواء، والمراوح، والأحزمة النقالة فتتجاوز طاقتها 60 ميجاوات. ويوضِّح هذا المزج بين مدى القدرة والتواجد في كل مكان أن المحركات الكهربائية هي مُشغِّلات الحضارة الحديثة التي لا يمكن الاستغناء عنها.

المُحوِّلات - الأجهزة الصامتة التي تعمل في الخفاء

لطالما كرهت الادعاءات المُبالغ فيها بشأن الإنجازات العلمية والتقنية وشيكة الحدوث؛ الانصهار رخيص الثمن، والسفر رخيص التكلفة عبر وسائل النقل التي تتجاوز سرعة الصوت، واستصلاح الكواكب الأخرى، بما يجعلها صالحة للحياة. لكنني مولع بالأجهزة البسيطة التي تؤدي الكثير من الأعمال الأساسية للحضارة الحديثة، خاصةً تلك الأجهزة التي تفعل ذلك بكل تواضع أو دون حتى أن تُرى.



المُحوِّل الأكبر في العالم: مُحوِّل سيمنز الصيني

ليس هناك جهاز ينطبق عليه هذا الوصف أفضل من المُحوِّل؛ فقد لا يعي غير المهندسين بوجود هذه الأجهزة من الأساس، لكنهم لا يعرفون مدى إسهام هذه الأجهزة في حياتنا اليومية، وكيف أنه لا يمكن الاستغناء عنها بكل ما تعنيه الكلمة.

وُضِع الأساس النظري للمُحوِّلات في أوائل ثلاثينيات القرن الـ 19، مع الاكتشاف المستقل للحث الكهرومغناطيسي على يد كل من «مايكل فاراداي» و«جوزيف هنري»؛ حيث بينا أنه يمكن للمجال المغناطيسي المُتغيِّر حث تيار عالي الفولتية (يُعرف بـ«التحويل الرافع للجهد») أو تيار منخفض الفولتية («التحويل الخافض للجهد»). لكن استغرق الأمر نصف قرنٍ آخر قبل أن يتمكن كل من «لوسيان جولار». و«جون ديكسون جيبس». و«تشارلز براش»، و«سيباستيان زياني دي فيرانتي» من تصميم نماذج أولية مفيدة لمُحوِّل. وبعد ذلك، طوَّر ثلاثة مهندسين مجريين - «أوتو بلاثي»، و«ميكشا درعي»، و«كارولي زيبر نوفسكي» - التصميم عن طريق بناء مُحوِّل حَلَقي (على شكل كعكة الدونت)، والذي عرضوه عام 1885.

في العام التالي مباشرة، قدَّم ثلاثة مهندسين أمريكيين كانوا يعملون لدى مؤسسة جورج وستنجهاوس - «ويليام ستانلي»، و«ألبرت شميد». و«أوليفر بي. شالينبرجر» - تصميمًا أفضل. وسُرعان ما اكتسب المُحوِّل شكل مُحوِّل ستانلي الكلاسيكي الذي تم الاحتفاظ به منذ ذلك الوقت: لُب مركزي حديدي مصنوع من صفائح الفولاذ الكهربائي الرقيقة، ويتكون من جزأين؛ أحدهما يأخذ شكل الحرف «E»، والآخر يأخذ شكل الحرف «I» لتسهيل إدراج لفائف النحاس الملفوفة مُسبقًا في مكانها.

في خطبته بالمعهد الأمريكي لمهندسي الكهرباء عام 1912، تعجَّب «ستانلي» بحق من قدرة الجهاز على تقديم «مثل هذا الحل النهائي والبسيط لمشكلة صعبة. وأنه بهذا يتفوق على كل المحاولات الميكانيكية

قيد العمل، فهو يتحمل بكل سهولة، ودقة، واقتصادية كميات هائلة من الطاقة التي تُعطى له، أو تؤخذ منه بشكلٍ فوري. وهو جدير بالثقة، وقوي، ودقيق بدرجة كبيرة، وفي هذا المزيج من الصلب والنحاس، هناك قوى استثنائية متوازنة بإحكام بحيث تكون مُنزهة عن الشك تقريبًا».

لقد أتاحت التجسيدات الحديثة الأكبر لهذا التصميم المتين إمكانية توصيل الكهرباء عبر مسافات هائلة، ففي عام 2018، قدَّمت شركة سيمنز المُحوِّل الأول من بين سبعة مُحوِّلات أخرى مُتفوِّقة على الرقم القياسي يبلغ جهده 1100 كيلوفولت، ومن شأنها أن توفر الكهرباء للعديد من المقاطعات الصينية المتصلة بخط تيار مستمر عالي الجهد يبلغ طوله نحو 3300 كيلومتر.

لقد فاق العدد الضخم للمُحوِّلات كل ما تخيله «ستانلي»، وذلك بفضل الزيادة الهائلة في أعداد الأجهزة الإلكترونية المحمولة التي تحتاج إلى الشحن. وفي عام 2016، بلغ إنتاج الهواتف الذكية وحدها على مستوى العالم 1.8 مليار وحدة، كل وحدة منها مُزوَّدة بشاحن يحوي مُحوِّلًا صغيرًا، وليس عليك تفكيك شاحن هاتفك لترى قلب ذلك الجهاز الصغير: فقد نُشِرَت صورة على شبكة الإنترنت لشاحن هاتف آيفون تم تفكيكه تمامًا، بينما المُحوِّل واحد من أكبر مُكوِّناته.

لكن تحتوي الكثير من الشواحن على مُحوِّلات أصغر حجمًا، وهذه المحولات ليست من نوع ستانلي (لكونها لا تحتوي على سلك ملفوف) الذي يستفيد من أثر الكهرباء الانضغاطية - أي قدرة بلورة متوترة سطحيًّا على توليد تيار، وقدرة التيار على إحداث توتر للبلورة أو تشويهها. ويمكن للموجات الصوتية التي تؤثر على مثل هذه البلورة أن تُولِّد تيارًا، ويمكن للتيار المُتدفِّق خلال مثل هذه البلورة أن يُنتج صوتًا. ومن ثم يمكن لتيار واحد بهذه الطريقة أن يُستخدم لتوليد تيار آخر بفولتية مختلفة للغاية.

آلات، وتصميمات، وأجهزة.. اختراعات شكّلت عالمنا الحديث

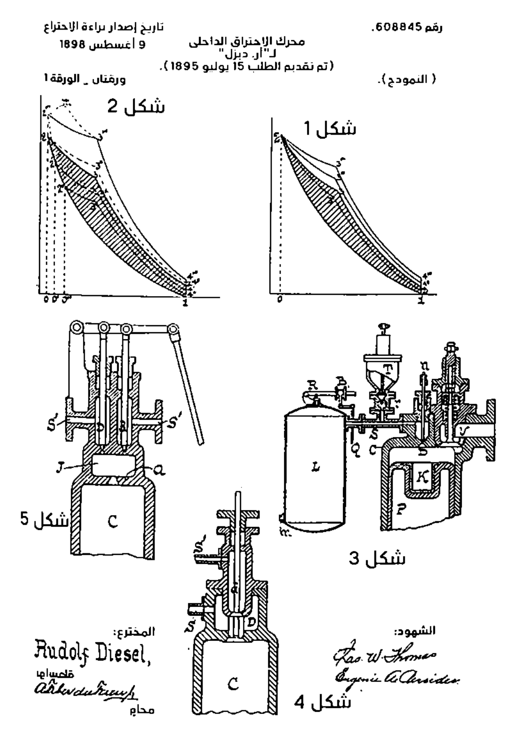
أما الابتكار الأخير فهو المُحوّلات الإلكترونية، وهي أصغر كثيرًا من ناحية الحجم والكتلة مُقارنة بالوحدات التقليدية، وستصبح مهمة على وجه التحديد في دمج مصادر الطاقة المُتقطّعة - كطاقة الرياح والطاقة الشمسية - في شبكات الكهرباء وتشغيل الشبكات الصغيرة ذات التيار الثابت.

لماذا لا يجب إلغاء محركات ديزل حتى وقتنا هذا؟

في 17 فبراير عام 1897، أجرى أستاذ الهندسة النظرية بجامعة ميونيخ التقنية ببرلين «موريتز شروتر» اختبار الشهادة الرسمية للمحرك الجديد لـ«رودولف ديزل»، وكان الهدف من الاختبار التصديق على كفاءة الماكينة؛ ومن ثم إثبات ملاءمتها للتطور التجاري.

وجاء أداء ذلك المحرك الذي يزن 4.5 طن متري مبهرًا: فعند العمل بكامل طاقته بقيمة 13.4 كيلوواط (أي بقوة 18 حصانًا، ما يعادل دراجة بخارية صغيرة حديثة)، وصل صافي كفاءته إلى 26 %، أي أفضل كثيرًا من أي محرك بنزين معاصر. وعليه كتب «ديزل» بفخر واضح لزوجته قائلاً: «حقق التصميم الخاص بمحركي ما لم يحققه أي تصميم آخر؛ ومن ثم أدرك بكل فخر أنني الأول في تخصصي». وفي وقت لاحق من السنة نفسها بلغ صافي كفاءة المحرك 30%؛ ما جعل الماكينة أكفأ بمرتين من محركات أوتو التي تعمل بالبنزين اليوم.

وبمرور الوقت تضاءلت هذه الفجوة في الكفاءة، لكن تظل محركات ديزل اليوم على الأقل أكثر كفاءةً بنسبة من 15 إلى 20 % من المحركات المنافسة التي تعمل بالبنزين، كما أن محركات ديزل تتمتع بمزايا عديدة: تعمل بوقود ذي كثافة طاقة أعلى (حيث يحتوي هذا النوع من الوقود على ما يقرب من 12% طاقة أكثر من الكمية نفسها من البنزين؛ ومن ثم يمكن للمركبة أن تقطع مسافة أكبر بحجم الخزان نفسه)، وأيضًا تحترق ذاتيًّا



براءة اختراع الولايات المتحدة لـ«رودولف ديزل» عن محرك الاحتراق الداخلي الجديد الخاص به

بنسب ضغط أعلى مرتين من محركات البنزين تلك (ما ينتج عنه مزيد من الاحتراق الكامل مع جعل غاز العادم أكثر برودةً)، كما يمكنها حرق وقود أقل جودة؛ ومن ثم فإنه أرخص، ويمكن لأنظمة الحقن الإلكتروني الحديثة رش الوقود في أسطوانات هذه المحركات بضغوط عالية؛ ما ينتج عنه مستويات أعلى من الكفاءة مع جعل العادم أكثر نظافة.

لكن من المخيب للآمال أنه في عام 1897 لم يُتبَع اختبار تحديد الرقم القياسي بانتشار تجاري سريع، حيث كان «ديزل» مخطئًا باستنتاجه بأنه كانت لديه «آلة صالحة تمامًا للعرض في السوق»، وأن «بقية الأمور ستتطور تلقائيًّا تبعًا لقيمة المحرك». وبحلول عام 1911 فقط أصبحت السفينة الدنماركية *سيلانديا* أول سفينة شحن عابرة للمحيطات تعمل بمحرك الديزل، ليس قبل ذلك، ولم تهيمن محركات الديزل على سفن الشحن إلا بعد الحرب العالمية الأولى. وكان إنجازها البري الأول يتمثَّل في الجر الثقيل لعربات السكة الحديد، متبوعًا بعد ذلك بوسائل النقل الثقيلة، وسيارات الطرق الوعرة، وآلات البناء والزراعة، وأُطلقت أول سيارة تعمل بمحرك الديزل، مرسيدس - بنز 260، في عام 1936. ويعمل نحو 40 % من سيارات الركاب في الاتحاد الأوروبي بمحركات الديزل، أما في الولايات المتحدة (التي يتوافر فيها البنزين بسعر أرخص) فتمثِّل السيارات التي تعمل بمحركات الديزل نسبة 3 % فقط.

لقد كانت أمنية «رودولف ديزل» في بداية الأمر أن يرى المحركات الصغيرة تُستخدم بشكلٍ أساسي من قبل صغار المنتجين المستقلين كأدوات للامركزية الصناعية، لكن بعد أكثر من 120 سنة، أصبح العكس تمامًا هو الصحيح. فقد صارت محركات الديزل هي الأداة التي مكنت بصورة لا تقبل التشكيك من الإنتاج الصناعي المركزي الضخم، وعوامل النقل الأساسية التي لا غنى عنها للعولمة، فهي تُسيِّر تقريبًا كل

سفن الحاويات، وناقلات المركبات والبضائع السائبة كالبترول، والغاز الطبيعي السائل، والمعادن الخام، والأسمنت، والأسمدة، والحبوب. كما تُسيِّر تقريبًا جميع الشاحنات وقطارات نقل البضائع.

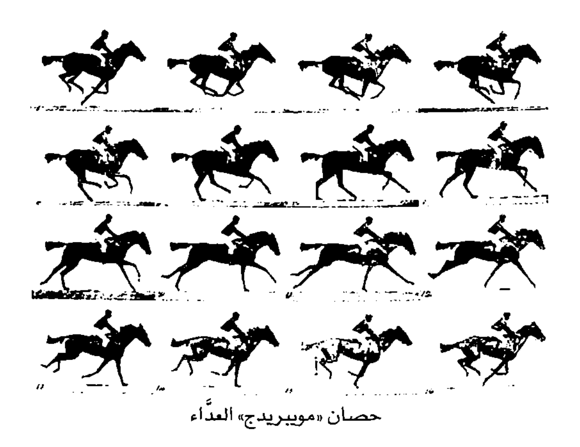
وتُنقل كل السلع التي يتناولها أو يستخدمها قرّاء هذا الكتاب مرة واحدة على الأقل، أو مرات كثيرة عادة، بآلات تعمل بمحركات الديزل. وغالبًا ما يتم هذا النقل من قارات أخرى: كالملابس من بنجلاديش، والبرتقال من جنوب أفريقيا، والنفط الخام من الشرق الأوسط، وصخر البوكسيت من جامايكا، والسيارات من اليابان، وأجهزة الحواسيب الآلية من الصين. فلولا تكاليف التشغيل المنخفضة، والكفاءة العالية، والموثوقية المرتفعة، والمتانة الشديدة لمحركات الديزل: لكان من المستحيل الوصول إلى درجة العولمة التي تُميِّز الاقتصاد الحديث الآن.

وعلى مدار أكثر من قرن من الاستخدام، زادت محركات الديزل على مستوى السعة والكفاءة، فقدرة أكبر آلات الشحن الآن أكثر من 81 ميجاوات (109.000 حصان)، وبنسبة صافي كفاءة قصوى تفوق 50 % - أي أنها أفضل من التوربينات الغازية، والتي تقدر نسبة صافي كفاءتها بنحو 40 % (اقرأ أيضًا: لماذا تعتبر التوربينات الغازية الخيار الأفضل، صفحة 145).

ستبقى محركات الديزل، فليست هناك بدائل متاحة لنقل الكتل الضخمة من شأنها المحافظة على دمج الاقتصاد العالمي بهذه الدرجة من الكفاءة، والثقة، والتكلفة المناسبة بقدر محركات الديزل.

التقاط الحركة – من الأحصِنة إلى الإلكترونات

«إدوارد مويبريدج» (1830 ـ 1904)، هو مُصوِّر فوتوغرافي إنجليزي ذاع صيته في أمريكا في عام 1867 عندما أخذ إستوديو تصوير مُتحرِّكًا إلى وادي يوسمايت، وقام بطباعة كمية كبيرة من الصور لمناظره الخلابة. وبعدها بخمس سنوات، عيّنه «ليلند ستانفورد» رئيس سكة حديد وسط المحيط الهادئ في ذلك الوقت، والذي كان قبلها حاكم ولاية كاليفورنيا، وبعدها



حصان «مويبريدج» العدَّاء

قام بتأسيس جامعة ستانفورد في بالو ألتو، كاليفورنيا. وقد تحدّى «ستانفورد» - الذي كان أيضًا مهتمًا بتربية الأحصنة - «مويبريدج» أن يحسم الجدال القديم: ما إذا كانت أرجل الحصان الأربع كلها ترتفع عن الأرض في أثناء الجري.

وجد «مويبريدج» صعوبةً في إثبات وجهة نظره، فالتقط عام 1872 صورةً وحيدة (فقدها بعد ذلك) لحصان يهروِل وقد ارتفعت حوافره جميعًا عن الأرض. لكنه أصر على إثبات وجهة نظره، فكان الحل النهائي أن يلتقط صورًا لأجسام متحرِّكة بكاميرات ذات إمكانية تصوير بسرعة غالق وجيزة تُقدَّر بنحو 1/1000 من الثانية.

جرت التجربة الحاسمة في 19 يونيو من عام 1878، في مزرعة «ستانفورد» في بالو ألتو، حيث نظَّم «مويبريدج» ألواح تصوير زجاجية يمكن تشغيلها بالخيط في صفٍّ واحد بطول مسار الجري، واستخدم خلفية بيضاء للحصول على أفضل تباين، ونسخ الصور التي تم التقاطها في تسلسل من الصور الثابتة (الصور الظلية) على قرص جهاز دائري بسيط سمّاه زوبراكسكوب، يعرض سلسلة سريعة من الصور الثابتة التي تدور بشكل يعطي تأثير الحركة.

رفع «سالي جاردنر» - الحصان الذي وفّره «ستانفورد» للتجربة - حوافره الأربعة كلها بوضوح عن الأرض في أثناء عَدوه، لكن لحظة الانتقال في الهواء لم تحدث مثلما يتم تصويرها في اللوحات الشهيرة، ولعل أبرزها لوحة *ديربي 1821 في إيبسوم* التي رسمها «تيودور جيريكو»، والتي تُعرَض الآن في متحف اللوفر، وتظهر فيها أرجل الحصان مُمدَّدة بعيدة عن جسمه. لكن رفع الحصان لقوائمه لم يحدث بهذه الطريقة، بل حدث بينما كانت أرجل الحصان تحت جسمه، تمامًا قُبيل اللحظة التي يدفع فيها الحصان برجليه الخلفيتين.

أدى هذا العمل إلى تحفة «مويبريدج»، التي أعدها لجامعة بنسيلفانيا، فمنذ عام 1883، بدأ سلسلة ممتدة تصور حركة الحيوانات والبشر، واعتمد في ذلك على 24 كاميرا مُثبتة بالتوازي مع مسار جري بطول 36 مترًا، مع مجموعتين محمولتين مكونتين من 12 بطارية على الطرفين. وكان للمسار خلفية مُحدَّدة، وكان الأفراد والحيوانات ينشطون غوالق الكاميرات من خلال تجاوز الخيوط الممتدة.

كان الناتج النهائي عبارة عن كتاب يضم 781 لوحة، نُشِر عام 1887. ولم يُظهِر هذا الملخص جري الحيوانات المُستأنسة فقط (كالكلاب والقطط، والأبقار والجاموس) بل أيضًا الثور الأمريكي، والغزال، والفيل، والنمر، وكذلك أظهر صورًا لنعامة تركض، وببغاء يطير. أما تسلسل اللقطات البشرية فصوَّر ركضًا، وكذلك حركات صعود، ونزول، ورفع، وإلقاء، ومصارعة، وحبو طفل، وسكب امرأة دلوًا من الماء فوق امرأة أخرى.

وسرعان ما زادت صور «مويبريدج» التي تبلغ 1000 لقطة في الثانية إلى 10.000 صورة، وبحلول عام 1940، رفع التصميم الحاصل على براءة الاختراع لكاميرا ذات مرآة دوَّارة معدل اللقطات التي تلتقطها الكاميرا إلى مليون لقطة في الثانية. وفي عام 1999، حاز «أحمد زويل» جائزة نوبل في الكيمياء عن تطوير مرسام طيف يمكنه التقاط حالات الانتقال للتفاعلات الكيميائية على مقياس فمتوثانية – والذي يساوي 10^{-15} ثانية، أو واحد على مليون من واحد على مليار من الثانية.

ويمكننا اليوم استخدام نبضات الليزر المكثفة فائقة السرعة لالتقاط أحداث يفصل بعضها عن بعض وحدات من الأتوثانية، أو 10^{-18}

ثانية. حيث يُمكّننا هذا الفاصل الزمني من رؤية ما كان خفيًّا حتى عهد قريب عن أي تجارب مباشرة: حركات الإلكترونات على مقياس الذرة.

ويمكن طرح الكثير من الأمثلة لتوضيح التقدم العلمي والهندسي الاستثنائي الذي حقّقناه منذ العقود الأخيرة للقرن الـ 19. إن العديد من الحالات المذهلة - من بينها فاعلية الضوء (انظر لماذا لا يزال ضوء الشمس هو الأفضل، صفحة 165) وتكلفة الدخل والأداء المُعدَّلة للكهرباء (انظر التكلفة الحقيقية للكهرباء، صفحة 177) - مُفصَّلة في هذا الكتاب، لكن التباين بين اكتشافات «إدوارد مويبريدج» واكتشافات «أحمد زويل» مذهل بقدر أي تقدم آخر يمكنني التفكير فيه: من حسم الجدال حول انتقال حوافر الحصان في الهواء إلى ملاحظة تطاير الإلكترونات.

من الفونوجراف إلى البث

عندما توفي «توماس إديسون» عام 1931، عن عمر 84 سنة، كان قد حصل على نحو 1100 براءة اختراع من الولايات المتحدة، وأكثر من 2300 براءة اختراع من مختلف الدول حول العالم. وحتى الآن فإن أشهر براءات الاختراع التي حصل عليها هي تلك الخاصة بالمصباح الكهربائي، لكنه لم يأتِ بفكرة الحاوية الزجاجية الخاوية، ولا استخدام السلك الكهربائي المتوهج. كان المفهوم الأهم من ذلك هو مفهوم «إديسون»، *الجديد* كلياً، للنظام الكامل لتوليد الكهرباء، ونقلها، وتحويلها، والذي وضعه «إديسون» قيد التشغيل لأول مرة في لندن، ثم في مانهاتن السفلى، في عام 1882.



«توماس إديسون» مع الفونوجراف الذي اخترعه

لكن نظراً لأصالتها المُطلقة، لا شيء يُقارَن ببراءة اختراع «إديسون» الأمريكية رقم 200521 الصادرة في 19 فبراير عام 1878 عن أول وسيلة على الإطلاق لسماع صوت مُسجَّل.

الفونوجراف (جهاز يُستخدم في التسجيل الميكانيكي للصوت واستعادته) كان ناتجًا عن اختراع التلغراف والتليفون، وقد أمضى «إديسون» سنوات في محاولة تطوير التلغراف - فقد كانت معظم براءات الاختراع التي حصل عليها في البداية ذات صلة بالتلغرافات الطابعة - وأسر التليفون اهتمامه منذ اختراعه عام 1876، فحصل «إديسون» على أول براءات اختراع ذات علاقة بالتليفون في عام 1878. وقد لاحظ أن تشغيل شريط تلغراف مُسجَّل بسرعة عالية تصدر عنه أصوات شبيهة بالكلمات المنطوقة، فماذا قد يحدث إذا سجَّل رسالة عبر التليفون من خلال توصيل إبرة بطبلة جهاز الاستقبال الخاص بالتليفون؟ وأنتج شريطًا مثقوبًا، ثم أعاد تشغيل هذا الشريط؟ فصمَّم جهازًا صغيراً ذا أسطوانة مُسنَّنة مُغطَّاة برقائق القصدير، يمكنه استقبال وتسجيل حركات طبلة الهاتف، وتذكر «إديسون» لاحقًا هذه اللحظة قائلًا: «صحتُ عندها لأسجل بصوتي أنشودة «لدى ماري حَمَل صغير»، وما إلى ذلك. ثم ضبطت إمكانية استعادة الصوت، ليستعيد الجهاز الصوت على نحوٍ مثالي. ولم أُذهَل في حياتي بهذه الدرجة مطلقًا، فقد كان الجميع في حالةٍ من الذهول، فلطالما كنتُ أخشى الأشياء التي تعمل من المرة الأولى».

وسرعان ما اصطحب «إديسون» الفونوجراف في جولة، شملت حتى البيت الأبيض، و(بشجاعة) سمَّى حملته الترويجية للفونوجراف «الإنجاز الأخير لـ«توماس إديسون»»، وكانت أمنيته في النهاية أن تشتري كل أسرة أمريكية هذه الآلة. وقد طوَّر «إديسون» تصميمه بدرجة كبيرة خلال الفترة الأخيرة من ثمانينيات القرن الـ 19 عن طريق استخدام أسطوانات

مغطاة بالشمع (التي فكّر فيها في البداية زملاء مُخترِع التليفون «ألكسندر جراهام بل»)، ومحرك كهربائي يعمل بالبطارية، وسوَّقه كمُسجِّل لأصوات أفراد العائلة وصندوق موسيقي، وكذلك آلة كتابة للشركات، وكتاب صوتي للمكفوفين.

وعلى الرغم من ذلك لم يحقِّق الجهاز مبيعات كبيرة، فقد كانت أسطوانات الشمع، خاصةً الإصدارات الأولى منها، سهلة الكسر، وصعبة التصنيع؛ ومن ثم كانت غالية الثمن. وبحلول عام 1887، حصلت شركة أمريكان جرافوفون على براءة اختراع عن إصدار منافس من الجهاز، لكنه رغم ذلك ظل مُكلِّفًا (ما يعادل نحو 4.000 دولار اليوم).

وخلال ثمانينيات القرن الـ 19، كان «إديسون» مشغولًا بتقديم وتطوير المصابيح الكهربائية، واختراع وتصميم أنظمة توليد ونقل للكهرباء، لكنه بدأ عام 1898 في بيع فونوجراف إديسون القياسي بسعر 20 دولارًا، أو ما يعادل نحو 540 دولارًا اليوم. وبعدها بعام صدر النموذج الرخيص من الفونوجراف باسم جيم بسعر 7.50 دولار فقط (حيث كانت شركة سيرز روبوك تبيع سريرًا حديديًّا بهذا السعر تقريبًا). لكن في الوقت الذي كان فيه «إديسون» ينتج بشكل مُوَسَّع أسطوانات السيلولويد غير القابلة للكسر في عام 1912، حلَّت محلها أقراص تسجيل الجرامافون المصنوعة من الشيلاك (الحاصلة على براءة الاختراع من قبل «إميل برلينر» عام 1887).

ولطالما وجد «إديسون» صعوبةً في صرف النظر عن اختراعاته الأولى؛ لهذا تم تصنيع آخر أسطوانات فونوجراف في أكتوبر من عام 1929، وظلَّت الأقراص المُسطَّحة ذات الأخدود الحلزوني، التي تُستخدم للجرامافون، مسيطرة لمعظم القرن الـ 20، حتى ظهرت وسائل جديدة لتسجيل الصوت في تتابع سريع. وقد وصلت مبيعات الولايات المتحدة من

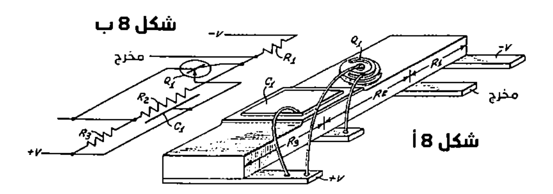
أقراص الفونوجراف ذروتها عام 1978، وكذلك فعلت شرائط الكاسيت بعدها بعقد من الزمن، ثم بلغت ذروة مبيعات الأقراص المُدمَجة - التي ظهرت في عام 1984 - في 1999. وقد انخفضت تلك المبيعات إلى النصف بعدها بسبع سنوات، والآن تفوقت عليها التنزيلات الموسيقية عبر الإنترنت، بما في ذلك البث اللاسلكي المجاني. فكيف كان «إديسون» سيرى هذه الوسائل المجردة عن الطابع المادي والمستخدمة في استعادة الصوت؟

اختراع الدوائر المتكاملة

في عام 1958، أي بعد 11 عامًا من إعادة اختراع مختبرات بِل للمُحوِّل، بدا من الواضح أن أشباه المُوصِّلات لن تستطيع غزو سوق الإلكترونيات إلا إذا تم تصغير حجمها بشكل كبير، ولم يكن هناك الكثير ليُنجَز على مستوى المُكوِّنات المُنفصلة التي تُلحم يدويًّا في داخل الدوائر، لكن مثلما يحدث كثيرًا، ظهر الحل عند الحاجة إليه.

في يوليو 1958، أتى «جاك كيلبي» الموظف بشركة تكساس إنسترومنتس بفكرة متناغمة، ووصفها في طلب الحصول على براءة الاختراع الخاص به بأنها: «دائرة إلكترونية مُصَغَّرة جديدة مصنوعة من جسم مادة شبه مُوصِّلة، تحتوي على وصلة موجب وسالب بالانتشار، بينما كل مُكوِّنات الدائرة الإلكترونية مُدمَجة تمامًا داخل جسم المادة شبه المُوصِّلة». وقد أكد «كيلبي» أنه «لا حد لتعقيد أو تكوين الدوائر التي يمكن تشكيلها بهذا الأسلوب».

وكانت الفكرة مثالية، لكن تنفيذها - بالشكل الموصوف في طلب الحصول على براءة الاختراع المُقدَّم من قِبل «كيلبي» عام 1959 - كان غير قابل للتطبيق؛ لأن توصيلات الأسلاك كانت تمر فوق سطح رقاقة السليكون، مثل القوس؛ ما يُصَعِّب الحصول على مُكوِّن مُسطَّح. وقد عرف «كيلبي» أنه لن يمكن التنفيذ بهذا الشكل؛ ولهذا أضاف ملحوظةً عن التوصيلات ليتم عملها بطرق مختلفة، منها على سبيل المثال أنه أشار



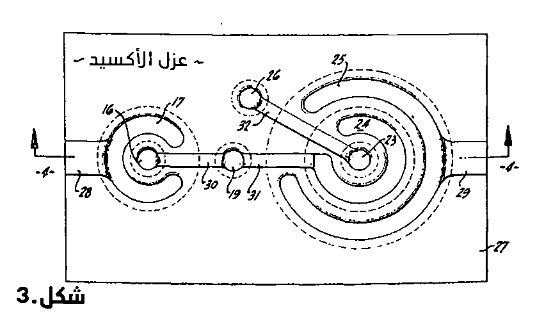
دائرة متكاملة: براءة اختراع «كيلبي» التي تتضمن «الأسلاك الطائرة»

إلى وضع الذهب على طبقة أكسيد السليكون الرقيقة التي تغطي سطح الرقاقة.

وفي يناير من عام 1959، ودون علم «كيلبي»، كان «روبرت نويس» الذي كان في ذلك الوقت مدير قسم الأبحاث بشركة فيرتشايلد لأشباه الموصلات، يكتب في مذكرة مختبره عن نسخة مُحسَّنة من الفكرة نفسها، قائلًا: «ستكون مطلوبة لتصميم أجهزة عديدة على قطعة واحدة من السليكون، وغرض الربط الكهربائي بين الأجهزة كجزء من عملية التصنيع؛ ومن ثم تصغير الحجم والوزن إلى آخره، وكذلك خفض تكلفة العنصر النشط». علاوة على ذلك، لم يتضمن الرسم المُرفَق لطلب «نويس» المُقدَّم في يوليو 1959 للحصول على براءة الاختراع أية أسلاك طائرة، بل كان مرسومًا فيه بوضوح مُحوِّل مُسطَّح وأسلاك توصيل في شكل ترسبات فراغية أو شرائح معدنية مُشكَّلة مُمدَّدة ومُثبَّتة بطبقة الأكسيد العازلة، وذلك لعمل التوصيلات الكهربائية بين أجزاء عديدة من جسم شبه المُوصِّل دون تقصير الوصلات».

وقد تم إصدار براءة اختراع «نويس» في إبريل من عام 1961، وتم إصدار براءة اختراع «كيلبي» في يوليو من عام 1964، واستمرت الدعاوى

القضائية في طريقها وصولاً إلى المحكمة العُليا، التي رفضت في عام 1970 قبول الدعوى، مؤديةً لحكم المحكمة الابتدائية بأحقية «نويس» في براءة الاختراع. ولم يصنع هذا القرار أي فارق من الناحية العملية؛ لأنه في عام 1966 اتفقت الشركتان على مشاركة تراخيص الإنتاج، وأصبحت أصول الدائرة المتكاملة مثالًا مميزًا آخر على الابتكارات المُستقلة المتداخلة. فقد كانت الفكرة الأساسية في مفهومها متطابقة؛ وعليه حاز كلا المُخترعين قلادة العلوم الوطنية، كما تم ضمهما للقاعة الوطنية للمخترعين المشاهير. وقد عاش «نويس» حتى سن 62 عامًا فقط، أما «كيلبي» فتمكَّن من الحصول على جائزة نوبل في الفيزياء في عام 2000 عن عمر 77 عامًا، وذلك قبل 5 سنوات من وفاته.



شكل 3.

دائرة متكاملة: تصميم «نويس» المُسطَّح الذي حاز براءة الاختراع

وقد أطلقت شركة تكساس إنسترومنتس على التصميمات الجديدة اسم «عناصر المنطق المُصغر»، وتم اختيار تلك التصميمات للتحكم في

الصواريخ الباليستية العابرة للقارات وللمساعدة في إنزال رجال الفضاء على القمر.

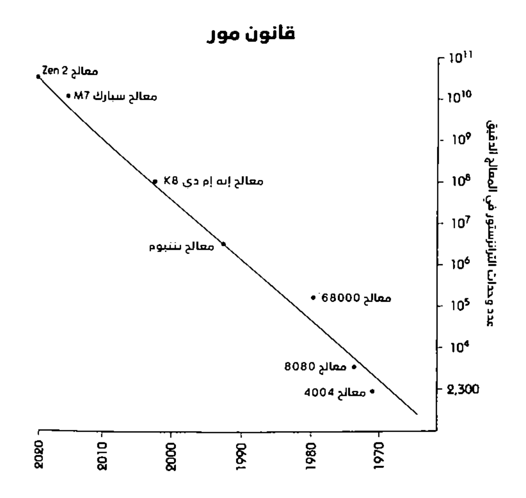
لقد كان إنجازهم التالي، وهو قانون مور الذي لا يزال ساريًا حتى الآن (اقرأ أيضًا نقمة «مور»: لماذا يستغرق التقدم التقني وقتًا أكثر مما تظن؟ صفحة 131) واحدًا من التطوّرات المُمَيِّزة لعصرنا. وبحلول عام 1971، تطوّرت الدوائر المتكاملة الأساسية لتصبح مُعالِجات دقيقة بسيطة بها آلاف المُكوِّنات، والتي تطوّرت بعد ذلك، وتحوّلت إلى تصميمات جعلت أسعار الحواسب الشخصية في المتناول، بدايةً من منتصف ثمانينيات القرن الماضي. وبحلول عام 2003، فاق العدد الكلي للمكونات 100 مليون وحدة، وبحلول عام 2015 وصلت إلى 10 مليارات ترانزستور، وهو ما يُمثِّل نموًّا كليًّا من حيث الحجم مقداره ثمانية أضعاف منذ عام 1965، بمتوسط نحو 37 % في السنة، مع تضاعف عدد الوحدات في مكان ما بمعدل مرتين كل عامين. وهذا يعني أنه مقارنةً بأحدث الإمكانات، كان الأداء المماثل في منتصف ستينيات القرن الـ 20 سيتطلب مُكوِّنات أكبر حجمًا بمقدار 100 مليون مرة من المُكوِّنات الحديثة اليوم. فحسب المقولة الشهيرة للفيزيائي «ريتشارد فاينمان»، هناك مساحة كبيرة بالأسفل.

نقمة «مور»: لماذا يستغرق التقدم التقني وقتًا أكثر مما تظن؟

في عام 1965، لاحظ «جوردون مور» - الذي كان في ذلك الوقت رئيس قسم البحث والتطوير بشركة فيرتشايلد لأشباه الموصلات - أن «الحد الأدنى لتكلفة المُكوِّنات قد ارتفع بمُعدَّل الضعف تقريبًا في السنة ... وبالتأكيد يمكن توقع استمرار هذا المُعدَّل على المدى القصير، ما لم يرتفع أكثر». وعلى المدى الأطول، استقر مُعدَّل التضاعف في عامين تقريبًا، أو حقَّق مُعدَّل نمو استثنائيًّا بنسبة 35 % في السنة، وهذا هو قانون مور.

بينما أصبحت المُكوِّنات أصغر، وأشد كثافة، وأسرع، وأرخص ثمنًا، كما زادت طاقتها وخفَّضت أسعار كثير من المنتجات والخدمات، أبرزها أجهزة الحواسيب والهواتف المحمولة، وقد أدَّى هذا إلى حدوث ثورة في عالم الإلكترونيات.

لكن هذه الثورة تمثل نعمة ونقمة في الوقت نفسه؛ وذلك لما لها من أثرٍ غير مقصود من رفع التوقعات حول التقدم التقني، فأصبحنا متأكدين من أن التقدم السريع سيأتي قريبًا بسيارات كهربائية ذاتية القيادة، وعلاجات للسرطان تناسب كل مريضٍ بعينه، ورسم قلب ورئة فوري ثلاثي الأبعاد، كما نعلم حتى إن هذا التقدم التقني سيُمهِّد الطريق لتحوُّل العالم من الاعتماد على الوقود الحفري إلى اعتماده على المصادر المُتجدِّدة للطاقة.



لكن الوقت المستغرق في مضاعفة كثافة الترانزستور لا يؤدي إلى التقدم التقني بوجه عام؛ حيث تعتمد الحياة الحديثة على كثير من العمليات التي تتطور ببطء نوعًا ما، لاسيما إنتاج الطعام والطاقة ونقل الأفراد والبضائع - ولا تنطبق هذه المُعدَّلات البطيئة على إنجازات ما قبل عام 1950 فقط، لكنها طالت أيضًا التطوّرات والابتكارت الجوهرية التي تزامنت مع تطوُّر الترانزستورات (ظهر أول استخدام تجاري لها في سمّاعات الأذن في عام 1952).

لقد زاد متوسط محاصيل الذرة، وهو المحصول الرئيسي في أمريكا، في كل سنة بنسبة 2 % منذ عام 1950، كما زادت محاصيل الأرز، وهو الطعام الأساسي في الصين، بنسبة 1.6 % تقريبًا خلال الأعوام الـ50 الماضية. وارتفعت كفاءة المُولِّدات العاملة بالتوربينات البخارية في تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة كهربائية بنسبة 1.5% سنويًا تقريبًا خلال القرن الـ 20، وإذا ما قارنت المُولِّدات العاملة بالتوربينات البخارية لعام 1900 بمحطات توليد الكهرباء التي تعمل بالدورات المُركَّبة لعام 2000 (التي تربط توربينات الغاز بمراجل البخار)، يرتفع ذلك المُعدَّل السنوي ليصل إلى 1.8 %. ولطالما كانت الإنجازات المُحقَّقة في الإضاءة مذهلةً بدرجة أكبر من الإنجازات التي تحقَّقت في أي قطاع آخر في مجال تحويل الكهرباء، لكن كفاءة الإضاءة قد ارتفعت في الفترة ما بين عامي 1881 و2014 (لومن لكل وات) بنسبة 2,6 % فقط في السنة على مستوى الإضاءة الداخلية، وبنسبة 3.1% على مستوى الإضاءة الخارجية (اقرأ أيضًا لماذا لا يزال ضوء الشمس هو الأفضل، صفحة 165).

زادت سرعة السفر عبر القارات من نحو 35 كيلومترًا في الساعة، عام 1900، وذلك بواسطة عابرات المحيطات الكبيرة، إلى 885 كيلومترًا في الساعة عام 1958، وذلك بواسطة الطائرة بوينج 707، أي متوسط زيادة يساوي 5.6 % في السنة، لكن ظلت سرعة الطائرات النفاثة الملاحية ثابتةً بشكلٍ أساسي منذ ذلك الحين، حيث تطير الطائرة بوينج 787 بسرعة أكبر قليلًا من الطائرة بوينج 707. وفي الفترة ما بين عامي 1973 و2014، زادت كفاءة تحويل الوقود لسيارات الركاب الجديدة في الولايات المتحدة (حتى بعد استثناء سيارات الدفع الرباعي الرياضية الضخمة والشاحنات الصغيرة) بمُعدَّل

سنوي يساوي 2.5 % فقط، أي من 13.5 ميل إلى 37 ميلًا للجالون الواحد (أي من 17.4 لتر إلى 6.4 لتر لكل 100 كيلومتر). وأخيرًا، انخفضت تكلفة طاقة الفولاذ (الفحم، والغاز الطبيعي، والكهرباء)، وهو المعدن الأهم في حضارتنا، من نحو 50 جيجاجول للطن إلى أقل من 20 جيجاجول للطن في الفترة ما بين عامي 1950 و2010 - أي بمُعدَّل سنوي يُقدَّر بنحو 1.7 %.

تتطور أساسيات الطاقة، والمواد الخام، والنقل التي تُتيح سير الحضارة الحديثة وتتحكم في مجال عملها، تطورًا يتسم بالثبات، لكنه تطورٌ بطيء. وغالبًا ما تتراوح زيادة الأداء ما بين 1.5 و 3 % في السنة. وكذلك انخفاض التكلفة.

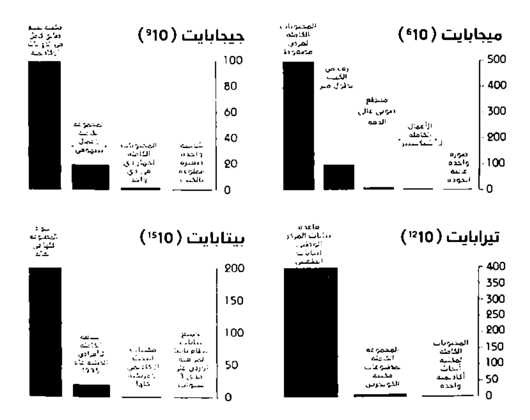
وهكذا، فإنه بعيداً عن العالم الذي تهيمن عليه الشرائح الإلكترونية الدقيقة، لا يخضع الابتكار ببساطة لقانون مور، وهو يتقدم بمُعدَّلات أقل بعشرة أضعاف تقريبًا.

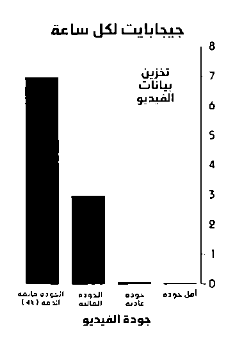
زيادة البيانات بكثرة وسرعة شديدة

في قديم الزمان، كانت المعلومات تُخزَّن فقط داخل أدمغة البشر، وكان من الممكن للشُعراء الملحميين القدامى أن يمضوا ساعات في سرد قصص الصراعات والفتوحات، ثم اختُرعت وسائل للتخزين الخارجي للبيانات.

كانت أسطوانات الطين الصغيرة والطاولات، التي ابتُكرت في زمن الحضارة السومرية جنوب بلاد الرافدين قبل نحو 5000 سنة، تحمل الكثير من الحروف المسمارية المنقوشة بتلك اللغة القديمة، أي ما يُعادل بضع مئات (أو 10^2) بايت. وكانت *أوريستيا*، الثلاثية التراجيدية الإغريقية التي كتبها «إيسخيلوس» في القرن الخامس قبل الميلاد، تعادل نحو 300.000 (أو 10^5) بايت. وكان لدى بعض أعضاء مجلس الشيوخ الأثرياء في الإمبراطورية الرومانية مكتبات تضم مئات المخطوطات، وديوان واحد كبير يصل حجمه إلى 100 ميجابايت (10^8 بايت) على الأقل.

وقد أحدثت آلة طباعة «يوهان جوتنبرج»، التي تستخدم الحرف المتحرك، نقلة جذرية، وبحلول عام 1500، أي بعد أقل من نصف قرن من ظهورها، أصدر عاملو الطباعة الأوروبيون أكثر من 11.000 إصدار جديد من الكتب. وقد صاحبت هذه الزيادة الاستثنائية إنجازات على مستوى الأشكال الأخرى من المعلومات المُخزَّنة، حيث ظهرت أولًا النوتات


ميجابايت (10^{6})
500
400
300
200
100
0
جيجابايت (10^{9})
100
80
60
40
20
0
تيرابايت (10^{12})
400
350
300
250
200
150
100
50
0
بيتابايت (10^{15})
200
150
100
50
0


جيجابايت لكل ساعة
تخزين
بيانات
الفيديو
8
7
6
5
4
3
2
1
0
جودة الفيديو

الموسيقية، والشروح، والخرائط المحفورة والمنقوشة على الخشب، ثم ظهرت في القرن الـ 19 الصور، والتسجيلات الصوتية، والأفلام. وخلال القرن الـ 20 ظهرت أساليب تخزين جديدة للمعلومات تضمنَّت الشرائط المغناطيسية، وأقراص الفونوجراف، وفي بداية الستينيات من القرن الماضي وسَّعت أجهزة الحواسيب نطاق الرقمنة ليشمل التصوير الطبي (يصل حجم الماموجرام الرقمي إلى 50 ميجابايت)، وأفلام الرسوم المتحركة (2 – 3 جيجابايت)، والتحويلات المالية العابرة للقارات، وأخيرًا إرسال الرسائل المزعجة عبر البريد الإلكتروني بمُعدَّل ضخم (تُرسل منها أكثر من 100 مليون رسالة كل دقيقة). وسرعان ما فاقت هذه المعلومات المُخزَّنة رقميًا كل المواد المطبوعة، فالحجم الكلي لمسرحيات وقصائد «شيكسبير» هو 5 ميجابايت، أي ما يُعادل فقط حجم صورة واحدة عالية الجودة، أو 30 ثانية من مقطع صوتي عالي الدقة، أو 8 ثوانٍ من بث فيديو عالي الوضوح.

لقد تضاءل حجم المواد المطبوعة لمُكوِّن هامشي للتخزين الكلي للمعلومات العالمية، فبحلول عام 2000، كان حجم كل الكتب الموجودة في مكتبة الكونجرس الأمريكي أكثر من 10^{13} بايت (أي أكثر من 10 تيرابايت)، لكن ذلك كان أقل من 1% من المجموعة الكاملة (10^{15}، أو نحو 3 بيتابايت) بمجرد إضافة جميع الصور، والخرائط، والأفلام، والتسجيلات الصوتية.

وفي القرن الـ 21، تتولَّد المعلومات بوتيرة أسرع، ففي استطلاعها الأخير حول البيانات التي تولَّدت في الدقيقة في عام 2018، عدَّدت خدمة دومو للتخزين السحابي 97.000 ساعة من الفيديو بُثَّت من قبل مُستخدمي نتفليكس، وما يقرب من 4.5 مليون فيديو شوهد عبر يوتيوب، وأكثر قليلًا من 18 مليون طلب توقُّع أرصاد لقناة الطقس، وأكثر من 3

كوادريليون بايت (3.1 بيتابايت) من بيانات الإنترنت الأخرى المُستخدمة في الولايات المتحدة وحدها. وبحلول عام 2016، فاق مُعدَّل التوليد العالمي السنوي للبيانات 16 زيتابايت (1 زيتابايت يساوي 10^{21} بايت). ومن المُتوقَّع بحلول عام 2025 أن يرتفع المُعدَّل بعشرة أضعاف - أي إنه سيصل إلى نحو 160 زيتابايت (10^{23} بايت). ووفقًا لخدمة دومو، تم توليد 1.7 ميجابايت من البيانات في كل ثانية في عام 2020 لكل واحد من سكّان العالم الذين يقرب تعدادهم من 8 مليارات نسمة.

وتؤدي هذه الكميات إلى بعض الأسئلة الواضحة، فهذا الفيض من البيانات لا يمكن تخزين سوى كسر بسيط منه. فأي كسر إذن يجب تخزينه منها؟ فتحديات التخزين واضحة حتى ولو أقل من 1 % من هذا الفيض هو ما يتم حفظه. وبالنسبة لما نقرر تخزينه أيًّا كان، فإن السؤال التالي هو: إلى متى يجب حفظ هذه البيانات، فليست هناك بيانات ينبغي أن تُحفَظ إلى الأبد، فما المدة الزمنية المثالية إذن؟

إن السابقة الأعلى في نظام الوحدات العالمي (والذي يُرمَز فيه إلى العدد ألف بالرمز **k** وهو يساوي 10^3، ويُرمَز فيه إلى المليون بالرمز **M** وهو يساوي 10^6) هي اليوتا، ويمثلها الحرف الإنجليزي (**Y** يساوي 10^{24}، أو تريليون تريليون). ويمكننا الحصول على هذا الحجم من البايتات الكثيرة خلال عقد، وستزداد صعوبة تقييمها - حتى ولو تُرِكَت هذه المهمات للآلات بوتيرة متزايدة. وعندما نبدأ توليد أكثر من 50 تريليون بايت من المعلومات للفرد الواحد في السنة، هل ستكون هناك أية فرصة حقيقية لتحقيق الاستفادة منها بشكل فعّال؟ ففي النهاية، هناك فروقٌ جوهريةٌ بين البيانات المتراكمة، والمعلومات المفيدة، والمعرفة المستنيرة.

التحلي بالواقعية حيال الابتكار

إن المجتمعات الحديثة مهووسة بالابتكار، ففي نهاية عام 2019، سجّل محرك البحث جوجل 3.21 مليار عملية بحث عن كلمة «ابتكار»؛ ما يجعلها تتفوق بسهولة على كلمة «إرهاب» (481 مليون مرة)، و«النمو الاقتصادي» (نحو مليار مرة)، و«الاحتباس الحراري» (385 مليون مرة)، وذلك لإيماننا بأن الابتكار سيفتح كل الأبواب الممكنة: من متوسط عمر مُتوقَّع يزيد كثيرًا على 100 عام، إلى الدمج بين الوعي البشري والآلات، وإلى الحصول على الطاقة الشمسية مجانًا وبصورة أساسية.

لعل تبجيل الابتكار إلى هذا الحد خطأ لسببين: أنه يتجاهل تلك المساعي الهائلة التي لم تسفر عن شيء بعد إنفاق مبالغ ضخمة من المال على البحث، وأنه لا يُفَسِّر سبب كوننا كثيرًا ما نسلك المسار الأدنى في ظل معرفتنا بأن هناك مسارًا آخر أسمى.

إن مُفاعل الاستنسال السريع، الذي يُعرَف بهذا الاسم لأن إنتاجه من الوقود النووي أكبر من استهلاكه له، هو أحد الأمثلة البارزة على الفشل المُطوَّل والمُكلِّف. ففي عام 1974، توقّعت شركة جنرال إلكتريك أنه بحلول عام 2000 سيتولَّد نحو 90 % من كهرباء الولايات المتحدة من مُفاعلات الاستنسال السريع، ولم يكن توقُّع الشركة إلا ترديدًا لتوقُّع سائد حينها: خلال سبعينيات القرن الـ 20، كانت حكومات فرنسا، واليابان، والاتحاد السوفيتي، والمملكة المتحدة، والولايات المتحدة كلها

تستثمر بغزارة في تطوير مفاعلات الاستنسال، لكن التكاليف المرتفعة، والمشكلات التقنية، والمخاوف البيئية أدت جميعًا إلى إلغاء البرامج البريطانية، والفرنسية، واليابانية، والأمريكية (وكذلك إلغاء البرنامجين الألماني والإيطالي اللذين كانا أصغر حجمًا)، بينما لا تزال الصين، والهند، واليابان، وروسيا تُشغِّل مُفاعلات تجريبية. وبعد أن أنفق العالم بأسره أكثر من 100 مليار دولار بحسابات اليوم على مدار نحو 6 عقود من الجهد، لم يجنِ أي عائد تجاري.

ومن بين الابتكارات الأساسية الأخرى الواعدة التي لا تزال غير مهمة تجاريًّا السيارات التي تعمل بخلايا وقود الهيدروجين، والقطارات المغناطيسية المُعلَّقة (الماجليف)، والطاقة النووية الحرارية. ولعل الأخيرة هي المثال الأسوأ سمعة للابتكار الأكثر تراجعًا على الإطلاق.

وتتنوع المجموعة الثانية من الابتكارات الفاشلة - الأشياء التي ما زلنا نفعلها رغم علمنا بأنه لا ينبغي علينا ذلك - ما بين ممارسات يومية عادية إلى مفاهيم نظرية.

وهناك مثالان مُزعجان هما التوقيت الصيفي والصعود على متن الطائرات، فلماذا ما زلنا نفرض تغيير «التوقيت الصيفي» بوتيرة نصف سنوية (بزعم توفير الطاقة) بينما نعرف أنه في حقيقة الأمر لا يوفر شيئًا؟ كما يستغرق الطيران التجاري الآن وقتًا في الصعود على متن الطائرة أطول منه في سبعينيات القرن الـ 20 رغم حقيقة علمنا عددًا من الأساليب أسرع من الأساليب الحالية المُتَّبعة عديمة الجدوى. فعلى سبيل المثال، قد نجعل الرُّكَّاب يجلسون في شكل هرم مقلوب مع تبديل أماكن جلوسهم، فيجلسون في مؤخرة الطائرة وفي مقدمتها (وهذا من منطلق المُباعدة بين الرُّكَّاب لتجنب التكدُّس)، أو ببساطة إلغاء نظام تخصيص المقاعد.



النموذج الأولي للقطار المغناطيسي المُعلَّق الذي كشفت عنه مؤسسة تشاينا ريلواي رولينج ستوك كوربوريشن في عام 2019

لماذا نقيس تقدم الاقتصاد من خلال الناتج المحلي الإجمالي؟ فهذا الناتج ببساطة هو القيمة السنوية الكلية لكل البضائع والخدمات التي تم تداولها تجاريًا في الدولة. ولا يرتفع الناتج المحلي الإجمالي فقط عندما تتحسن الحياة ويتقدم الاقتصاد، بل أيضًا عندما تقع الكوارث البشرية أو البيئية؛ فبزيادة مبيعات المشروبات الكحولية الضارة، يزيد مُعدَّل القيادة تحت تأثير الكحوليات، فيزيد مُعدَّل وقوع الحوادث، ويزيد إلحاق الحالات بأقسام الطوارئ، ويزيد مُعدَّل الإصابات، ويزيد عدد من يُحكَم عليهم بالسجن - فيرتفع الناتج المحلي الإجمالي. كذلك بزيادة القطع الجائر للأشجار في المناطق الاستوائية، تزيد إزالة الغابات وفقدان التنوُّع البيولوجي، وتزيد مبيعات الأخشاب - ومرةً أخرى يزيد الناتج

المحلي الإجمالي. فرغم تنامي معرفتنا، ما زلنا نُمجِّد الناتج المحلي الإجمالي السنوي العالي لمُعدَّل النمو، بصرف النظر عن مصدره.

وتعج العقول البشرية بالكثير من التفضيلات غير المنطقية: إذ نحب المخاطرة بالابتكارات الجريئة والمجنونة لكن لا يمكننا أن نُزعِج أنفسنا بمعالجة التحديات الشائعة، من خلال الاعتماد على الابتكارات العمليقة التي تنتظر التنفيذ. فلماذا لا نُحسِّن أمر الصعود على متن الطائرات بدلًا من إيهام أنفسنا وتضليلها بتخيُّلات قطارات الهايبرلوب فائقة السرعة والحياة الأبدية؟

الوقود والكهرباء..

تزويد مجتمعاتنا بالطاقة

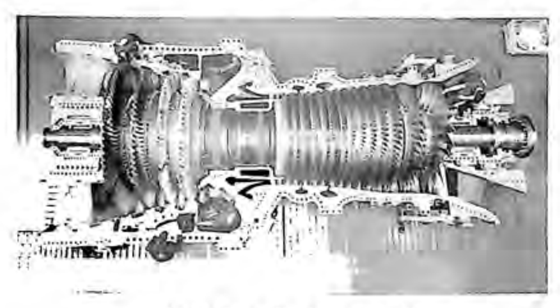
لماذا تُعد التوربينات الغازية الخيار الأفضل؟

في عام 1939، بدأ أول توربين غازي صناعي في العالم توليد الكهرباء في محطة طاقة محلية في مدينة نيوشاتيل بسويسرا، حيث نفَّس التوربين، الذي صممه «براون بوفيري»، عن العادم دون استغلال حرارته، واستهلك ضاغط التوربين ما يقرب من ثلاثة أرباع الطاقة المُتَولِّدة؛ ما نتج عنه مُعدَّل كفاءة يُقدَّر بـ17 % فقط، أو نحو 4 ميجاوات.

وكان لاندلاع الحرب العالمية الثانية وما تلاها من تحديات اقتصادية أثرٌ في جعل توربين نيوشاتيل الغازي حالة استثنائية رائدة حتى عام 1949، ذلك عندما قدمت شركتا وستنجهاوس وجنرال إلكتريك تصميماتهما الأولى للطاقة المحدودة، ولم يكن هناك تعجُّل لتنفيذ هذه التصميمات، إذ كانت السوق تخضع لهيمنة المحطات الكبيرة التي تعمل بالفحم، والتي كانت تُولِّد الطاقة الكهربائية الأرخص. وبحلول عام 1960، وصلت كفاءة التوربين الغازي الأكثر فاعلية إلى 20 ميجاوات، وهي قيمة كانت لا تزال أقل من قيم معظم مُولِّدات التوربو البخارية.

وفي نوفمبر من عام 1965، أدَّى انقطاع التيار الكهربائي الكبير في شمال شرق الولايات المتحدة إلى تغيير الأفكار: حيث استطاعت التوربينات الغازية العمل بأقصى طاقة خلال دقائق، لكن رفع أسعار البترول والغاز وقلة الطلب على الكهرباء عاق أي توسُّع سريع في هذه

التكنولوجيا الحديثة، ولم تحدث النقلة إلا في أواخر ثمانينيات القرن الـ 20، فبحلول عام 1990، أصبح نصف ما يتم توليده تقريبًا من طاقة كهربائية في الولايات المتحدة يتولَّد عن طريق التوربينات الغازية متزايدة القوة، والمتانة، والكفاءة.



التصميم الداخلي للتوربين الغازي الكبير

لكن حتى نسب الكفاءة التي تزيد على 40% كان ينتج عنها عوادم غازية بدرجة حرارة 600 درجة مئوية، وهي حرارة كافية لتوليد البخار في توربين بخاري مُلحَق؛ حيث تم هذا الإقران بين التوربين الغازي والتوربين البخاري - التوربين الغازي ذو الدورة المُركَّبة - لأول مرة في أواخر ستينيات القرن الـ 20 ، والآن تفوق نسب الكفاءة الأفضل للتوربينات الغازية ذات الدورة المُركَّبة 60%. وليس هناك توربين رئيسي آخر أقل تبديدًا.

وتُقدِّم حاليًا شركة سيمنز توربينًا غازيًا ذا دورة مُركَّبة لتوليد الطاقة الكهربائية سعة 593 ميجاوات، أي أقوى بنحو 40 مرة من توربين

نيوشاتيل، ويعمل بنسبة كفاءة 63 %. ويعمل التوربين الغازي 9 إتش إيه لشركة جنرال إلكتريك على توليد 571 ميجاوات عند العمل بمفرده (دورة بسيطة لتوليد الكهرباء). وتوليد 661 ميجاوات (وبنسبة كفاءة 63.5 %) عند إقرانه بتوربين بخاري (توربين غازي ذي دورة مُركَّبة).

إن التوربينات الغازية هي المُولِّدات المثالية للطاقة القصوى والبديل الاحتياطي الأفضل للتوليد المُتَقطِّع لطاقتي الشمس والرياح. وتُعد حتى الآن الخيار الأنسب سعرًا في الولايات المتحدة لتوليد الطاقة بقدرات التوليد الحديثة، إذ إنه من المُتوقَّع للتكلفة المحسوبة لتوليد الكهرباء (قياس تكلفة مشروع توليد الطاقة طوال سنوات عمله) بالسِمات الحديثة التي سيتم تطبيقها عام 2023 أن تصل إلى 60 دولارًا للميجاوات/ساعة لمولدات التوربو البخارية التي تعمل بالفحم وبإمكانية الالتقاط الجزئي للكربون، و48 دولارًا للميجاوات/ساعة لألواح الطاقة الشمسية، و40 دولارًا لكل ميجاوات/ساعة للرياح الساحلية - لكن أقل من 30 دولارًا لكل ميجاوات/ساعة للتوربينات الغازية التقليدية، وأقل من 10 دولارات لكل ميجاوات/ساعة للتوربينات الغازية ذات الدورة المُركَّبة.

ويتم كذلك استخدام التوربينات الغازية حول العالم للتوليد المُركَّب للكهرباء والحرارة معًا، وتتطلب كثيرًا من الصناعات البخار والماء الساخن، واللذين يُستخدمان في تشغيل الأنظمة الحرارية المركزية المنتشرة تحديدًا في المدن الأوروبية الكبيرة من خلال مدها بالطاقة. كما تُستخدم هذه التوربينات في تسخين وإنارة الصوبات الزجاجية الهولندية المُمتدة، والتي تنتفع بشكل إضافي من ثاني أكسيد الكربون المُنبَعِث، لما له من دور في تسريع نمو الخضراوات. تُشغِّل أيضًا التوربينات الغازية الضواغط في كثير من المؤسسات الصناعية وفي محطات ضخ الأنابيب طويلة المدى.

الحكم واضح: ليست هناك محركات احتراق أخرى تجمع بين هذا العدد من المزايا بقدر ما تفعل التوربينات الغازية الحديثة، فهي صغيرة الحجم، وسهلة النقل والتركيب، وصامتة نسبيًا، وسعرها معقول، وفعّالة، وتوفّر إنتاجية فورية، وقادرة على العمل دون حاجة إلى التبريد بالماء، وهذا كله يجعلها الآلة التي ليس لها مثيل في توليد كلٍّ من الطاقة الميكانيكية والحرارة.

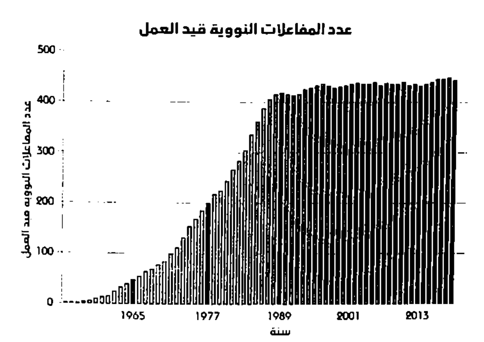
أما عن طول عمرها، فقد تم وقف تشغيل توربين نيوشاتيل في عام 2002، أي بعد 63 عامًا من تشغيله - لا لأي فشل في الماكينة؛ بل بسبب تعطل مولد من المولدات.

الكهرباء النووية - وعدٌ لم يتحقق

بدأ عصر التوليد التجاري للكهرباء النووية في 17 أكتوبر 1956، عندما افتتحت الملكة «إليزابيث» الثانية المحطة النووية كالدر هول، على الساحل الشمالي الغربي لإنجلترا. وتُعد مدة 60 عامًا كافية لتقييم هذه التكنولوجيا، وما زلتُ غير قادر على تغيير رأيي الذي بنيته منذ أكثر من عقد مضى: «فشلٌ ناجح».

إن الجزء الناجح مُوثَّق بشكل جيد، فبعد انطلاقة بطيئة، بدأ بناء المفاعلات يتسارع خلال أواخر ستينيات القرن الـ20، وبحلول عام 1977 أصبح أكثر من 10 % من كهرباء الولايات المتحدة يتولّد عن الانشطار النووي، وازداد ليصل إلى 20% بحلول عام 1991، فكان دخولها السوق أسرع من الألواح الضوئية وتوربينات الرياح منذ تسعينيات القرن الـ 20.

وفي نهاية عام 2019، أصبح عدد المفاعلات النووية الموجودة قيد العمل في العالم 449 مفاعلًا (و53 أخرى تحت الإنشاء)، يعمل الكثير منها بمعامل حِمل أعلى من 90 %، وهو متوسط نسبة الإنتاجية المُحتملة للمفاعلات على مدار السنة؛ ما يعني أن إنتاجها من الكهرباء يتجاوز ضعف ما تنتجه الألواح الضوئية وتوربينات الرياح مجتمعة. وفي عام 2018، وفَّرت الطاقة النووية الحصة الأكبر من الكهرباء في فرنسا (نحو 72%)، و50 % في المجر، كما أسهمت المفاعلات السويسرية بنسبة 38 %، وفي كوريا الجنوبية بنسبة 24%، بينما كانت النسبة في الولايات المتحدة أقل من 20% قليلًا.



إنتاج الكهرباء النووية

3,000
2,500
2,000
1,500
1,000
500
0
تيراوات/ساعة
1970
1980
1990
2000
2010
2018
سنة

تتعلق جزئية «الفشل» بالتوقُّعات التي لم تتحقَّق، فقد صرَّح «لويس إل. ستراوس»، رئيس هيئة الطاقة الذرية الأمريكية عام 1954، للرابطة الوطنية للكتَّاب العلميين في نيويورك في سبتمبر من العام نفسه بأن المزاعم القائلة بأن الكهرباء النووية ستكون «أرخص من أن تتم المحاسبة عليها» ليست محض خيال، ومزاعم أخرى بالجرأة نفسها كانت لا تزال تأتي. وفي عام 1971، تنبأ «جلين سيبورج»، الحاصل على جائزة نوبل، ورئيس هيئة الطاقة الذرية في ذلك الوقت، بأن المفاعلات النووية ستُولِّد ما يقرب من استهلاك العالم كله من الكهرباء بحلول عام 2000، كما ادعى «سيبورج» أنه ستكون هناك محطات ساحلية عملاقة لتحلية مياه البحر، وأقمار صناعية ذات مدار جغرافي ثابت تعمل بواسطة مفاعلات نووية مضغوطة لبث البرامج التليفزيونية، وستكون هناك ناقلات بحرية تعمل بالطاقة النووية، ومتفجِّرات نووية تُغيِّر مسار جريان الأنهار وتنقِّب عن المدن المدفونة تحت الأرض، وعندها قد ينقل التقدم في مجال الطاقة النووية الإنسان إلى المريخ.

لكن توقَّف مشروع توليد الكهرباء من الانشطار النووي في ثمانينيات القرن الـ 20؛ حيث قل طلب الدول الغنية على الكهرباء، وتضاعفت مشكلات محطات الطاقة النووية. كما وقعت 3 كوارث مُقلقة: حادث جزيرة الثلاثة أميال في بنسلفانيا عام 1979، وحادث تشيرنوبل في أوكرانيا عام 1986، وحادث فوكوشيما في اليابان عام 2011، وكلها كانت حُججًا إضافية للمعارضين للانشطار النووي تحت أي ظروف.

وفي تلك الأثناء، كانت هناك تجاوزات في التكاليف المُقدرة لإنشاء المحطات النووية، وعجز مُحبِط في الإتيان بطريقة مقبولة للتخزين الدائم للوقود النووي المُستهلك (والذي يُخزَّن حاليًا بصورة مؤقتة في حاويات في مواقع المحطات النووية). كما لم يتحقق أيضًا نجاحٌ كبير

في التحول إلى استخدام المفاعلات التي يُفتَرَض أن تكون أكثر أمنًا وأقل ثمنًا من التصميم السائد لمفاعلات المياه المضغوطة، والتي هي أساسًا إصدار مصمم للعمل على الشواطئ من تصميمات غواصات البحرية الأمريكية منذ خمسينيات القرن الـ 20.

ونتيجةً ذلك، لم يقتنع عموم الناس في الغرب، وغمر القلق شركات توليد الكهرباء، وألمانيا والسويد في طريقيهما الآن لإيقاف الصناعة برمتها، وحتى فرنسا تخطّط لتخفيض الإنفاق. كما لن تستطيع المفاعلات التي يتم إنشاؤها الآن حول العالم تعويض عجز الطاقة التي سيتم فقدانها مع توقف المفاعلات القديمة عن العمل في السنوات المقبلة.

إن الأنظمة الاقتصادية الرائدة الوحيدة التي لديها خطط توسُّع كبيرة في مجال الكهرباء النووية هي الأنظمة الموجودة في آسيا، وعلى رأسها الصين والهند، لكن حتى هذه الدول لا تملك أن تفعل الكثير لتعويض حصة عجز الطاقة النووية في توليد الكهرباء على مستوى العالم. وقد بلغت ذروة هذه الحصة نسبة 18% تقريبًا عام 1996، ثم انخفضت إلى 10 % عام 2018، ومن المُتوقَّع أن ترتقي إلى 12 % فقط بحلول عام 2040، وذلك وفقًا للوكالة الدولية للطاقة.

ويمكننا فعل الكثير لتوليد حصة كبيرة من الكهرباء من خلال الانشطار النووي – كاستخدام تصميمات أفضل للمفاعلات والعمل بعزم على تخزين النفايات قبل كل شيء – ومن ثم تقليل الانبعاثات الكربونية. لكن هذا يتطلب النظر في الحقائق دون تحيُّز، ومقاربة واسعة النطاق بشكل حقيقي لسياسة الطاقة العالمية، لكنني لا أرى أية ملامح حقيقة لأي من هذا.

لماذا تحتاج إلى الوقود الأحفوري للحصول على الكهرباء من الرياح؟

إن توربينات الرياح هي النموذج الأكثر وضوحًا للسعي وراء التوليد المُتجدِّد للكهرباء، لكن، رغم أنها تستغل الرياح، وهي مجانية ونظيفة بقدر ما ينبغي للطاقة أن تكون، فإن الآلات نفسها هي التجسيد الحرفي للوقود الأحفوري.

وتأتي الشاحنات الضخمة بالفولاذ والمواد الخام إلى الموقع، وتشق معدات الحفر الثقيلة الطريق في الأراضي المُرتفعة التي لا يمكن شقها بطريقة أخرى، وتقيم الرافعات الكبيرة البناء، وكلها آلات تعمل بحرق وقود الديزل. وكذلك تفعل قطارات نقل البضائع، وسفن الشحن التي تنقل المواد الخام اللازمة لتصنيع الإسمنت، والفولاذ، والبلاستيك. وبالنسبة للتوربين القادر على توليد 5 ميجاوات، يبلغ متوسط وزن الفولاذ اللازم 150 طنًّا لبناء القواعد الخرسانية القوية، و250 طنًّا للمحاور الدوَّارة والقمرات (التي تحوي صناديق التروس والمُولِّدات)، و500 طن للأبراج.

وإذا كانت الكهرباء المُتولِّدة بفعل الرياح ستوفِّر 25 % من استهلاك العالم بحلول عام 2030، فإنه حتى في ظل توافر متوسط عالٍ من معامل الحمل بنسبة 35 % فإن إجمالي طاقة الرياح التي توفر 2.5 تيراوات تقريبًا ستتطلب نحو 450 مليون طن من الفولاذ. وهذا دون حساب

الكم اللازم من المعدن للأبراج، والأسلاك، والمُحوّلات المُستخدمة في روابط النقل عالية الجُهد الجديدة؛ والتي ستكون ضرورية لربط المكوّنات كلها بالشبكة.



شفرة بلاستيكية كبيرة لتوربين رياح حديث: صعب التصنيع، وأصعب في النقل، وأكثر صعوبةً في إعادة التدوير

يُستهلك الكثير من الطاقة في تصنيع الفولاذ، حيث تتم إذابة الحديد المُلبَّد، أو قولبة خام الحديد في أفران ضخمة، تعمل بفحم الكوك، وتتم إضافة مزيج من مسحوق الفحم والغاز الطبيعي. ويتم نزع الكربون من الحديد الغُفل (الذي يُصنَّع في أفران عملاقة) في أفران الأكسجين القاعدية، ثم يمر الفولاذ بعمليات الصب المتوالية (التي تحوّل الفولاذ الذائب مباشرة إلى الشكل القاسي للمنتج النهائي)، ويُمثّل الفولاذ المُستخدم في بناء التوربين نحو 35 جيجا جول لكل طن.

ولتصنيع الفولاذ اللازم لتوربينات الرياح التي قد تعمل بحلول عام 2030، فإنك قد تحتاج إلى كم من الوقود الأحفوري بما يعادل أكثر من 600 مليون طن من الفحم.

ويتكون التوربين الذي يولد 5 ميجاوات من 3 أجنحة حاملة بطول 60 مترًا تقريبًا. يزن كل منها نحو 15 طنًّا. وتتكون من لب من خشب البلسا الخفيف أو رغوة المطّاط ورقائق خارجية مصنوعة بشكل كبير من الإيبوكسي المُدعَّم بالألياف الزجاجية أو راتنج البوليستر. ويتم تصنيع الزجاج عن طريق إذابة ثاني أكسيد السليكون وغيره من الأكاسيد المعدنية في أفران تعمل بالغاز الطبيعي، وتبدأ الراتنجات بالإيثيلين المُستمَد من الهيدروكربونات الخفيفة - والتي غالبًا ما تكون ناتجة عن تكسير النافثا، أو الغاز النفطي المُسال، أو الإيثان الموجود في الغاز الطبيعي.

ويُمثِّل المُركَّب النهائي المُدعَّم بالألياف نحو 170 جيجا جول لكل طن؛ ومن ثم فإنه للحصول على 2.5 تيراوات من طاقة الرياح بحلول عام 2030، قد نحتاج إلى إجمالي كتلة دوَّارة تقدر بنحو 23 مليون طن، تُدرَج ضمن ما يعادل نحو 90 مليون طن من النفط الخام. وعندما يصبح كل شيء جاهزًا، لا بد من عزل الهيكل بأكمله ضد الماء بالراتنجات التي يبدأ تصنيعها بالإيثيلين، لكن أيضًا يلزم المزيد من النفط للتشحيم، لصناديق تروس التوربين، التي يجب تغييرها من حينٍ لآخر طوال مدة عمل الماكينة التي تصل إلى عقدين.

ولا شك أنه خلال أقل من سنة سيولِّد توربين الرياح الذي وضع في موقع جيد وبني بشكلٍ جيد قدرًا من الطاقة مساويًا للقدر الذي استهلك لإنتاجه. ورغم ذلك ستندرج جميعها تحت مُسمى الكهرباء المُتقطِّعة - بينما يظل بناؤه، وتركيبه، وصيانته تعتمد بشكل محوري على أنواع معينة من الطاقة الأحفورية. وعلاوةً على ذلك، ليست لدينا بدائل غير أحفورية

لمعظم هذه الأنواع من الطاقات - كوك الفحم لإذابة خام الحديد، والفحم وكوك النفط لتشغيل الأفران الإسمنتية، والنافثا والغاز الطبيعي كخام تغذية ووقود لتصنيع البلاستيكات وصناعة الألياف الزجاجية، ووقود الديزل للسفن، والشاحنات، وآلات البناء، ومواد التشحيم لصناديق التروس - يمكن أن تكون متاحة بجاهزية على نطاق تجاري كبير.

وستظل الحضارة الحديثة لوقت طويل آتٍ - حتى يتم توليد كل أنواع الطاقات المُستخدمة في بناء توربينات الرياح وخلايا الألواح الضوئية من مصادر مُتجدِّدة للطاقة - تعتمد بشكل أساسي على الوقود الأحفوري.

إلى أي مدى يمكن لتوربين الرياح أن يكون كبيرًا؟

لقد تطورت توربينات الرياح بالتأكيد، فعندما بدأت الشركة الدنماركية فيستاس موجة العملقة عام 1981، كانت توربينات الرياح ذات الشفرات الثلاث التي صنعتها قادرةً على إنتاج 55 كيلووات فقط، وازداد هذا الرقم إلى 500 كيلووات عام 1995، ثم وصل إلى 2 ميجاوات في عام 1999، واستقر اليوم عند 5.6 ميجاوات. وفي عام 2021، سيصل ارتفاع محور توربين الرياح البحري فيستاس V164 إلى 105 أمتار، ويصل طول الشفرات إلى 80 مترًا، وسيُوّلد طاقة تصل إلى 10 ميجاوات؛ ما يجعله أول توربين متاح تجاريًا يحقق هذا الرقم على الإطلاق. ويجب ألا نغفل أن شركة جي إي رينيووابل إنيرجي قد طورت توربينًا بجهد 14 ميجاوات ذا برج بطول 260 مترًا، وشفرات بطول 107 أمتار، وبدأ تشغيله أيضًا في 2021.



مقارنة بين ارتفاعات توربينات الرياح وأقطار شفراتها

من الواضح تمامًا أن هذا يتجاوز الحدود المعتادة. رغم أنه يجب الإشارة إلى أننا ما زلنا نترقب تصميمات أكبر. ففي عام 2011، أطلق مشروع أب ويند ما يُعرَف بـ«تصميم مُسبَق» لتوربين رياح بحري بقدرة 20 ميجاوات ذي شفرات دوَّارة طول قطرها 252 مترًا (أي أطول بثلاث مرات من جناح الطائرة إيرباص إيه 380) ومحور طول قطره 6 أمتار. وحتى الآن يستقر أكبر تصميم تصوُّري عند 50 ميجاوات، بارتفاع يزيد على 300 متر وشفرات بقطر 200 متر قابلة للطي (كسعف النخيل إلى حدٍّ كبير) في أثناء العواصف.

ولعل الإيحاء بأن تشييد مثل هذا الهيكل، مثلما أشار أحد المؤيدين المتحمِّسين، لن ينتج عنه أية مشكلات تقنية جوهرية؛ لأن ارتفاعه لا يزيد على ارتفاع برج إيفل، الذي بُنِيَ قبل أكثر من 130 عامًا مضت، يستند إلى مقارنة غير متكافئة. فإذا كان الارتفاع الذي يمكن الوصول إليه بأي مَعلَم رائع من صنع الإنسان هو ما يحدِّد تصميم توربين الرياح، فإنه من الواجب علينا أيضًا الإشارة إلى برج خليفة في دبي، وهو عبارة

عن ناطحة سحاب شُيِّدت في عام 2010 يفوق ارتفاعها 800 متر، أو إلى برج جدة، الذي سيصل ارتفاعه إلى 1000 متر في 2021. فتشييد برج عالٍ ليس بالمشكلة الكبيرة. لكن أن تضع تصميمًا هندسيًّا لبرج عالٍ يمكنه تحمُّل قمرة ضخمة وشفرات دوَّارة لسنوات عديدة مع ضمان العمل بأمان يعد مسألةً أخرى.

ولا بد أن تواجه التوربينات الكبيرة آثار التكلُّس التي لا مفر منها، حيث تزيد قوة التوربين بزيادة نصف القطر الذي تقطعه شفراته: فنظريًّا قد يكون التوربين ذو الشفرات الأطول مرتين أقوى أربع مرات، لكن زيادة مساحة السطح الذي يقطعه المحور يضع جهدًا هائلًا على التركيب كله، ونظرًا إلى وجوب زيادة كتلة الشفرة (من الوهلة الأولى) بزيادة مكعب طول الشفرة، فلا بد أن تكون التصميمات الأكبر ثقيلة بدرجة استثنائية. وفي الواقع، يمكن للتصميمات التي تستخدم الخامات المصنعة خفيفة الوزن وخشب البلسا الإبقاء على الأُس الفعلي ضئيلًا بمقدار 2.3.

وحتى مع ذلك، تتزايد الكتلة (ومن ثم التكلفة)، حيث ستزن كل من الشفرات الثلاث لتوربين فيستا الذي تبلغ قوته 10 ميجاوات 35 طنًّا، وستزن غرفة المحرك ما يقرب من 400 طن (تخيل رفع 6 دبابات قتال رئيسية من طراز أبرامز لبضعة أمتار في الجو). أما تصميم شركة جنرال إلكتريك الذي سيكسر الرقم القياسي فستزن شفراته 55 طنًّا، وتزن غرفة محركه 600 طن، ويزن برجه 2550 طنًّا، ولعل مجرد نقل مثل هذه الشفرات الطويلة والهائلة في حد ذاته تحدٍّ استثنائي، رغم أنه من الممكن أن يصبح أسهل عن طريق استخدام تصميم مُجزَّأ.

إن استكشاف الحدود المُحتملة للقدرة التجارية أكثر نفعًا من توقُّع الحد الأقصى للتواريخ التي يتم التنفيذ فيها، فقوة توربين الرياح المتاح تعادل نصف كثافة الهواء (التي تساوي 1.23 كيلوجرام لكل متر مكعب)

مضروبًا في المساحة التي تقطعها الشفرات (مضروبًا في نصف القطر) مضروبًا في مكعب سرعة الرياح. ولنفترض أن سرعة الرياح تساوي 12 مترًا في الثانية، ومعامل تحويل الطاقة يساوي 0.4، فإن التوربين الذي ينتج 100 ميجاوات يتطلب دوًارات يصل قطرها إلى 550 مترًا تقريبًا.

وللتنبؤ بتوقيت حصولنا على مثل هذه الآلة، فقط أجب عن هذا السؤال: متى سيمكننا تصنيع شفرات بطول 275 مترًا من مُركبات البلاستيك وخشب البالسا، ومعرفة طريقة نقلها وربطها بغرف المحركات المعلقة على ارتفاع 300 متر فوق سطح الأرض، والتأكد من صمودها في خضم الرياح الشديدة، وضمان جدارة أدائها لمدة لا تقل عن 15 أو 20 سنة؟ هذا لن يحدث قريبًا.

الظهور البطيء للألواح الضوئية

في مارس عام 1958، انطلق صاروخ من رأس كانافيرال، حاملاً القمر الصناعي فانجارد 1: كرة صغيرة من الألومنيوم تزن 1.46 كيلوجرام كانت أول قمر صناعي يستخدم خلايا الألواح الضوئية في مدار.

وكإجراء احترازي، استمد أحد جهازي إرسال هذا القمر الصناعي طاقته من بطاريات الزئبق، لكن تلك البطاريات تعطلت بعد 3 أشهر فقط. وبفضل الأثر الكهروضوئي، استطاعت خلايا السليكون أحادية البلورية الصغيرة التي يبلغ عددها 6 خلايا - التي تمتص الضوء (الفوتونات) على المستوى الذري وتطلق الإلكترونات - توصيل إجمالي 1 وات فقط، واستمرت في مد جهاز إرسال بيكون بالطاقة حتى مايو من عام 1964.

حدث ذلك لأن التكلفة، في مجال الفضاء، ليست بالأمر المهم، ففي منتصف خمسينيات القرن الـ 20، عملت خلايا الألواح الضوئية بتكلفة نحو 300 دولار لكل وات، وانخفضت إلى 80 دولارًا لكل وات في منتصف السبعينيات، ثم إلى 10 دولارات لكل وات بحلول أواخر ثمانينيات القرن نفسه، ووصلت إلى دولار واحد بحلول عام 2011، وبنهاية عام 2019 كانت خلايا الألواح الضوئية تُباع بقيمة 8-12 سنتًا فقط لكل وات، في ظل التأكد من تزايد انخفاض التكلفة بصورة أكبر في السنوات المقبلة (وبالتأكيد تكون تكلفة تثبيت الألواح الضوئية والمُعدات اللازمة لتوليد الكهرباء عالية جدًا، بحسب حجم المشروع: وهي الآن تتنوع ما بين التثبيت على سطح بناية صغير إلى الحقول الشمسية الكبيرة في الصحاري).



منظر جوّي لمحطة نور للطاقة الشمسية في المغرب، وبجهد 510 ميجاوات، تكون المحطة المركزية الأكبر في العالم لتوليد الطاقة الشمسية والألواح الضوئية

وهذا خبرٌ جيد؛ لأن خلايا الألواح الضوئية لها كثافة طاقة أعلى من أي شكلٍ آخر من أشكال تحويل الطاقة المتجددة. وحتى كمتوسط سنوي فإنها تصل بالفعل إلى 10 وات لكل متر مربع في الأماكن المشمسة، وأعلى بأضعاف مما يمكن تحصيله من الوقود الحيوي. ومع تزايد مُعدَّلات كفاءة التحويل والتعقُّب الأفضل. فمن المحتمل زيادة مُعدَّلات السعة السنوية بنسبة 20-40 %.

لكن الأمر استغرق وقتًا طويلًا للوصول إلى هذه المرحلة، فقد وصف «إدموند بيكيريل» أثر الألواح الضوئية في البداية في محلول في عام 1839، ثم اكتشفه «ويليام آدامز» و«ريتشارد داي» في السلينيوم في عام 1876، ولم تُتح الفرص التجارية إلا عندما تم اختراع خلايا السليكون في مختبرات بل للهواتف في عام 1954. وحتى في ذلك الوقت، ظلَّت التكلفة لكل وات نحو 300 دولار (أي ما يعادل أكثر من 2300 دولار بحسابات عام 2020). وباستثناء استخدامها في عددٍ من لعب أطفال، كانت الألواح الضوئية غير عملية.

كان «هانس تسيجلر»، مهندس إلكترونيات بجيش الولايات المتحدة، هو من تغلَّب على القرار المبدئي للبحرية الأمريكية باستخدام البطاريات فقط على القمر الصناعي فانجارد، وخلال ستينيات القرن الـ 20، أتاحت خلايا الألواح الضوئية إمكانية تشغيل أقمار صناعية أكبر حجمًا كثيرًا؛ ما أحدث ثورة في مجال الاتصالات، والتجسُّس من الفضاء، وتوقُّعات الأرصاد، ومراقبة الأنظمة البيئية. ومع انخفاض التكلفة، تضاعفت الطلبات المُقدَّمة، وبدأت خلايا الألواح الضوئية إضاءة المنارات، وآلات التنقيب عن البترول والغاز الطبيعي في البحار، وتقاطعات السكك الحديدية.

لقد اشتريتُ أول آلة حاسبة علمية تعمل بالطاقة الشمسية - إنتاج شركة تكساس إنسترومنتس إصدار تي آي 35- جالاكسي سولار - عندما تم تصنيعها عام 1985، وما زالت خلاياها الأربع (تبلغ مساحة كل منها 170 ملليمترًا مربعًا) تخدمني بشكلٍ جيد، بعد أكثر من 30 سنة.

لكن التوليد الجاد للكهرباء باستخدام الألواح الضوئية كان عليه انتظار مزيد من الانخفاض المعياري في الأسعار. وبحلول عام 2000، وفَّر توليد الكهرباء باستخدام الألواح الضوئية على مستوى العالم أقل من 0,01 % من استهلاك الكهرباء في العالم. وبعدها بعقد، ازدادت الحصة بقيمة أُسية أخرى لتصل إلى 0.16 %. وبحلول عام 2018 استقرت عند 2.2 %، وهي لا تزال نسبة ضئيلة مقارنةً بحصة الكهرباء التي ولَّدتها محطات المياه في العالم (ما يقرب من 16 % في عام 2018). وفي بعض الأقاليم المُشمِسَة، تصنع الطاقة الشمسية الآن في توليد الكهرباء فرقًا ملحوظًا، لكن على المستوى الدولي لا يزال الطريق طويلًا بالنسبة للطاقة الشمسية قبل أن تنافس طاقة الشلالات.

ولا تشير حتى أكثر التوقُّعات تفاؤلًا - كتوقُّعات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة - إلى سد الألواح الضوئية هذه الفجوة بحلول عام 2030، لكن ربما تُولِّد خلايا الألواح الضوئية 10% من الاستهلاك العالمي للكهرباء بحلول عام 2030. وحتى ذلك الوقت، ستكون قد مرت نحو 7 عقود على بدء خلايا القمر الصناعي فانجارد 1 الصغيرة في تشغيل مُحوِّل بيكون الخاص به، ونحو 150 عامًا منذ الاكتشاف الأول للتأثير الكهروضوئي الفعال؛ لذلك فنقل الطاقة على مستوى دولي يستغرق وقتًا.

لماذا لا يزال ضوء الشمس هو الأفضل؟

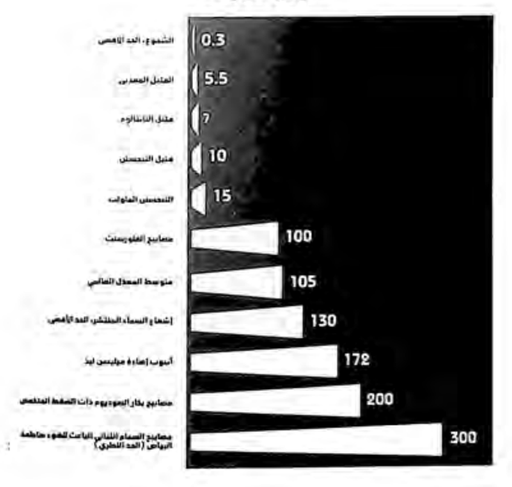
يمكنك تعقُّب تقدُّم الحضارة بشكل تقديري من خلال حالة الإنارة لديها - وعلى رأس ذلك قوتها، وتكلفتها، وكفاءة الإضاءة، ويشير هذا المعيار الأخير إلى قدرة مصدر الضوء على إثارة استجابة ذات معنى في العين، وهذا يساوي إجمالي الفيض الضوئي (بوحدة اللومن) مقسومًا على مُعدَّل الطاقة (بوحدة الوات).

وتحت ظروف الرؤية الجيدة (أي في الضوء الساطع الذي يسمح بإدراك الألوان)، تصل ذروة كفاءة إضاءة النور المرئي إلى 683 لومن لكل وات، وطول موجي 555 نانومترًا، وذلك في الجزء الأخضر من الطيف المرئي - اللون الذي يبدو، بأي درجة من القوة، هو الأكثر سطوعًا.

وخلال الألفية، كانت مصادر الضوء الاصطناعي متراجعة بمقدار ثلاثة قيم أُسية عن هذه الذروة النظرية، فكانت كفاءة إضاءة الشموع من 0.2 إلى 0.3 لومن لكل وات وحسب، وكفاءة الإضاءة بمصابيح الوقود (التي كانت شائعة الاستخدام في المدن الأوروبية في أثناء القرن الـ 19) أعلى خمس أو ست مرات، وكانت كفاءة إضاءة مصابيح فتيل الكربون البدائية التي اخترعها «إديسون» أفضل من هذا. وقد حقَّقت مُعدَّلات الكفاءة قفزة مع ظهور الفتيل المعدني، حيث وصلت أولًا مع فتيل الأوزميوم في عام 1898 إلى 5.5 لومن لكل وات، ثم وصلت بعد عام 1901 مع فتيل التانتالوم إلى 7 لومن لكل وات، وارتفعت بعدها بعقد أو

أكثر مع استخدام فتيل التنجستن المُشع داخل صمام لتصل إلى 10 لومن لكل وات. وبوضع فتيل التنجستن في مزيج من النيتروجين والآرجون زادت كفاءة إضاءة مصابيح المنازل العادية إلى 12 لومن لكل وات. وساعد لف الفتيل، الذي بدأ عام 1934، في رفع كفاءة الإضاءة إلى أكثر من 15 لومن لكل وات للمصابيح التي تبلغ قوة جهدها 100 وات، والتي كانت المصدر القياسي للإضاءة الساطعة في أثناء العقدين الأولين اللذين أعقبا الحرب العالمية الثانية.

اللومن لكل وات



وقد ظهرت الأنوار التي تعتمد على مبادئ مختلفة - مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المنخفض ومصابيح بخار الزئبق ذات الضغط المنخفض (مصابيح الفلورسنت) - خلال ثلاثينيات القرن الـ 20، لكن لم يشِع استخدامها إلا في خمسينيات القرن نفسه. واليوم يمكن لأفضل مصابيح الفلورسنت ذات الكوابح الكهربائية أن تصل كفاءة إضاءتها إلى نحو 100 لومن لكل وات، وتصل كفاءة إضاءة مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المرتفع إلى 150 لومن لكل وات، وتصل كفاءة إضاءة مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المنخفض إلى 200 لومن لكل وات. لكن لا تنتج المصابيح منخفضة الضغط إلا الضوء الأصفر المتجانس بطول 589 نانومترًا؛ ولهذا فإنها لا تُستخدم في المنازل، ولكن تُستخدم فقط لإضاءة الطرق.

والآن نضع أفضل آمالنا على المصباح ذي الصمام الثنائي الباعث للضوء (إل إي دي)؛ حيث ظهر لأول مرة في عام 1962، وكان يُنتج الضوء الأحمر فقط. وبعدها بعقد ظهر بالضوء الأخضر ثم بعد ذلك، في التسعينيات، بالضوء الأزرق عالي الكثافة. وبطلاء هذه المصابيح ذات الصمام الثنائي الزرقاء بالمادة الفسفورية الفلورية، استطاع المهندسون تحويل بعض الضوء الأزرق إلى أضواء أخرى أكثر دفئًا؛ ومن ثم إنتاج ضوء أبيض مناسب للإضاءة الداخلية. إنّ الحد النظري للمصابيح ذات الصمام الثنائي ناصعة البياض نحو 300 لومن لكل وات، لكن المصابيح المتاحة تجاريًّا لا تزال بعيدة جدًّا عن تحقيق هذا المُعدَّل؛ إذ تبيع شركة فيليبس المصابيح ثنائية الصمام في الولايات المتحدة - بجهد قياسي 120 فولتًا - التي تبلغ كفاءة إضاءتها 89 لومن لكل وات، بسعر المصابيح البيضاء الخافتة والمعتمة التي يبلغ جهدها 18 وات (بدلًا من المصابيح المُتوهِّجة التي يبلغ جهدها 100 وات). وفي أوروبا - حيث

تتراوح الفولتية ما بين 220 و 240 - تبيع الشركة أنبوب الإضاءة ذا الصمام الثنائي، والذي يبلغ جهده 172 لومن لكل وات (بدلًا من أنابيب الإضاءة الفلورية الأوروبية بطول 1.5 متر).

وتوفّر بالفعل المصابيح ذات الصمام الثنائي عالية الكفاءة قدرًا كبيرًا من الكهرباء حول العالم، كما تساعد على إنتاج الضوء لثلاث ساعات في اليوم لمدة 20 سنة، وإذا نسيت إطفاءها فستلاحظ ذلك عندما تتلقى فاتورة الكهرباء التالية. لكنها لا تزال - كمصادر الإضاءة الاصطناعية الأخرى كافة - غير قادرة على أن تعادل طيف الضوء الطبيعي، حيث تشع المصابيح المُتوهِّجة ضوءًا أزرق ضعيفًا جدًّا. وبصعوبة تشع مصابيح الفلورسنت أي إضاءة حمراء. وتكون كثافة المصابيح ذات الصمام الثنائي ضئيلة جدًّا في الجزء الأحمر من الطيف وعالية بدرجة مبالغ فيها في الجزء الأزرق منه، وهي بذلك ليست مريحة للعين.

ازدادت مُعدَّلات كفاءة إضاءة المصادر الاصطناعية بقيمتين أُسيتين منذ عام 1880؛ لكن استنساخ ضوء الشمس في الإنارة الداخلية لا يزال بعيد المنال.

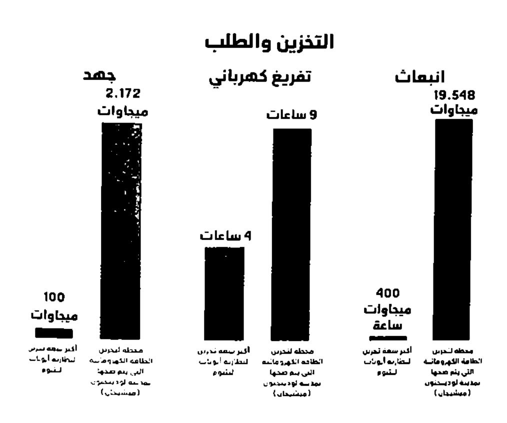
لماذا نحتاج إلى بطاريات أكبر حجمًا؟

قد يكون من الأسهل كثيرًا أن نُوسِّع استخدامنا لطاقتي الشمس والرياح إذا كانت لدينا طرق أفضل لتخزين الكميات الكبيرة من الكهرباء التي قد نحتاج إليها لسد العجز في تدفق تلك الطاقة.

وحتى في مدينة لوس أنجلوس المُشمسة، يواجه المنزل العادي ذو السطح المُغطى بعدد كافٍ من الألواح الضوئية لتلبية احتياجاته العادية عجزًا يوميًا يصل إلى 80 % من الاحتياج في يناير، وفائضًا يوميًا يصل إلى 65 % في مايو. ويمكنك فصل مثل هذا المنزل عن الشبكة فقط من خلال تثبيت وحدة ضخمة وغالية من بطاريات أيونات الليثيوم، وحتى الشبكة القومية الصغيرة - تلك التي تتحمل حتى 10 إلى 30 جيجاوات - يمكنها الاعتماد تمامًا على المصادر المتقطِّعة فقط إذا كان لديها مساحة تخزين على مقياس جيجاوات قادرة على العمل لعدة ساعات.

ومنذ عام 2007، أصبح أكثر من نصف البشرية يعيش في المناطق الحضرية، وبحلول عام 2050 سيعيش أكثر من 6.3 مليار إنسان في المدن، وهو ما يُمثِّل ثلثي الكثافة السكانية على مستوى العالم، مع تزايد أعداد المدن الكبيرة التي تسع لأكثر من 10 ملايين شخص (اقرأ نشأة المدن الكبيرة، 51 وسيعيش معظم أولئك الأشخاص في أبراج شاهقة؛ لذلك ستكون هناك إمكانية محدودة فقط للتوليد المحلّي، لكنهم

سيحتاجون إلى إمداد مستمر من الكهرباء لتزويد منازلهم، وخدماتهم، وصناعاتهم، ونقلهم بالطاقة.



لنتخيل أن إعصاراً من نوع تيفون ضرب إحدى المدن الآسيوية الكبيرة ليوم أو يومين، فحتى إذا استطاعت الخطوط التي تمتد على مسافة طويلة توفير أكثر من نصف احتياج المدينة، فإنها لا تزال بحاجة إلى العديد من وحدات الجيجاوات / ساعة من التخزين لمساعدتها حتى تتمكن من استعادة مصادر التوليد المُتقطعة (أو استخدام احتياطي الوقود الأحفوري، وهو بالضبط ما نحاول الابتعاد عنه).

إن بطاريات أيونات الليثيوم اليوم هي محاور التخزين الأساسية لكل من التطبيقات الثابتة والمتحرِّكة، إذ توفِّر مُركب ليثيوم للقطب الموجب والجرافيت للقطب السالب (تستخدم بطاريات الرصاص الشائعة للسيارات أكسيد الرصاص والرصاص لأقطابها)، لكن رغم أنها تتمتع بكثافة طاقة أعلى كثيرًا من بطاريات الرصاص، فلا تزال بطاريات أيونات الليثيوم غير كافية لتلبية احتياجات التخزين ذي النطاق الواسع على المدى الطويل. ويتم بناء نظام التخزين الأكبر، الذي يضم أكثر من 18.000 بطارية أيونات ليثيوم، في مدينة لونج بيتش لصالح شركة ساذرن كاليفورنيا إديسون من تنفيذ شركة إيه إي إس كوربوريشن. وعندما يتم الانتهاء منه في عام 2021، سيكون قادرًا على توفير 100 ميجاوات لأربع ساعات. لكن هذا المُعدَّل الكلي للطاقة الذي يساوي 400 ميجاوات ساعة لا يزال أقل بقيمتين أُسيتين مما قد تحتاج إليه مدينة آسيوية كبيرة إذا حُرِمَت من إمدادها المُتقطِّع من الكهرباء.

لذلك علينا زيادة التخزين، لكن كيف يمكننا ذلك؟ فلبطاريات الصوديوم والكبريت كثافة طاقة أعلى من بطاريات أيونات الليثيوم، لكن المعدن السائل الساخن هو أكثر شيء غير ملائم للكهرل، وما زالت بطاريات التدفق، التي تخزِّن الطاقة في الكهرل مباشرة، في مرحلة مبكرة من التطبيق، ولا يمكن للمُكثِّفات الفائقة توفير الكهرباء لوقت طويل بما يكفي. واستطاعت إمكانية تخزين الطاقة بالهواء المضغوط وحدافات تخزين الطاقة، وهما الوسيلتان المُفضَّلتان على الدوام للصحافة الشعبية، تشغيل نحو 12 منشأة صغيرة أو متوسطة الحجم، ولعل الأمل الأفضل على المدى الطويل هو استخدام الطاقة الكهربية الشمسية الرخيصة، لتفكيك المياه عن طريق التحليل الكهربائي، واستخدام الهيدروجين الناتج كوقود

مُتعدِّد الأغراض، لكن مثل هذا الاقتصاد الذي يقوم على الهيدروجين ما زال أمامه وقتٌ طويل.

وهكذا، رغم تقدُّمنا، ما زال ينبغي علينا الاعتماد على تكنولوجيا ظهرت في تسعينيات القرن الـ 19: التخزين بالضخ، وذلك بأن تُشيِّد خزانًا عاليًا، وتوصِّله بخزانٍ آخر أقصر منه عن طريق الأنابيب، وتستخدم الكهرباء الليلية الأقل تكلفةً لضخ المياه لأعلى حتى تستطيع تشغيل التوربينات في أوقات ذروة الاحتياج. ويُمثِّل التخزين بالضخ أكثر من 99 % من السعة التخزينية للعالم، لكنه حتمًا يتطلب فقدان الطاقة بنسبة 25 %. وتزيد السعة قصيرة المدى للكثير من الخزانات على 1 جيجاوات تصل سعة أكبرها إلى نحو 3 جيجاوات - وتحتاج المدن الكبيرة ذات الاعتماد الكلي على توليد الكهرباء من طاقتي الشمس والرياح إلى أكثر من خزان.

لكن الكثير من المدن الكبيرة ليست قريبة من المنحدرات أو الأودية الجبلية العميقة اللازمة للتخزين بالضخ، ويقع الكثير منها - مثل شانغهاي، وكالكوتا، وكراتشي - على سهولٍ ساحلية؛ حيث لا يمكنها الاعتماد على التخزين بالضخ إلا إذا كان يمكن تنفيذه عن طريق النقل عبر مسافات طويلة.

إن الحاجة إلى تخزين الكهرباء بشكل أكثر إحكامًا، ومرونةً، وعلى نطاق أوسع، وبتكلفة أقل أمرٌ بديهي، لكن النقلات غير العادية تكون بطيئة الحدوث.

لماذا يكون شراع سفن الحاويات الكهربائية على شكل جناح؟

إن كل ما ترتديه تقريبًا، أو تستخدمه في منزلك كان موضوعًا ذات يوم في صناديق من المعدن. على سفن مدفوعة من آسيا بمحركات الديزل، والتي تُطلق جُسيمات دقيقة وثاني أكسيد الكربون. لكن يمكننا دون شك أن نفعل ما هو أفضل من ذلك، كما قد تعتقد.

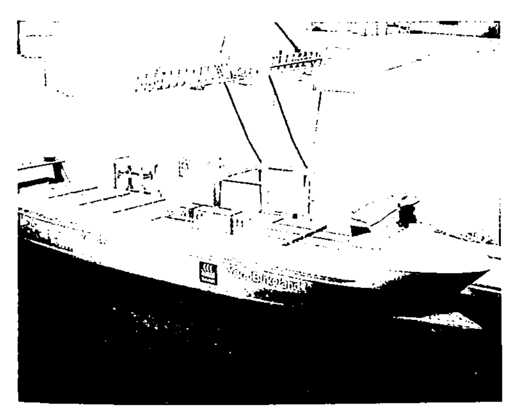
ورغم كل شيء، ظلت لدينا القاطرة الكهربائية لأكثر من قرن، والقطارات الكهربائية السريعة لأكثر من نصف قرن، ومؤخرًا صرنا نوسّع الأسطول الدولي من السيارات الكهربائية، فلماذا لا تكون لدينا سفن كهربائية للحاويات؟

ومن المُقرَّر أن يبدأ تسيير أول سفينة حاوية كهربائية في عام 2021: وليست السفينة *يارا بيركلاند*، التي بناها «مارين تكنيك» في النرويج، أول سفينة حاويات في العالم تعمل بالكهرباء، والتي لا تُصدر أية انبعاثات، لكنها أيضًا أول سفينة تجارية مستقلة.

لكن لا تتجاهل سفن الحاويات الضخمة التي تعمل بمحركات الديزل، ودورها المحوري في الاقتصاد العالمي، وإليك هذا الحساب التقديري الذي يفسر السبب ...

تتباين أحجام الحاويات، لكن معظمها يكون بالحجم القياسي، وهو الوحدة المكافئة لعشرين قدمًا – موشور قائم بطول 6.1 متر (20 قدمًا)

وعرض 2.4 متر. وكانت سفن الحاويات الصغيرة الأولى في ستينيات القرن الـ 20 تحمل بضع مئات من الوحدات المكافئة لعشرين قدمًا، والآن أُطلِقَت أربع سفن عام 2019 ملك لشركة إم إس سي سويتسرلاند (*جولسون، وسمار، ولني، وميا*) تحمل الرقم القياسي الذي استقر عند 23.756 وحدة مكافئة لعشرين قدمًا لكل منها. وعندما تسافر هذه السفن الأربع ببطء شديد (بسرعة 16 عقدة لتوفير الوقود). يمكنها إتمام الرحلة من هونج كونج إلى هامبورج (عبر قناة السويس) - أي مسافة أكثر من 21.000 كيلومتر - في 30 يومًا.



نموذج السفينة *يارا بيركلاند*

والآن دعنا نتحدث عن السفينة *يارا بيركلاند*، حيث ستحمل فقط 120 واحدة مكافئة لعشرين قدمًا، وتسير بسرعة خدمة 6 عقد، وستكون أطول مسافة تشغيل مستهدفة تقطعها هي 30 ميلاً بحريًا - أي المسافة ما بين هيرويا ولارفيك في النرويج. واليوم تحمل سفينة الحاويات الأحدث التي تعمل بمحرك الديزل ما يقرب من 200 ضعف عدد الصناديق لمسافات أطول بـ400 مرة تقريبًا، وبسرعة أكبر بثلاث إلى أربع مرات من السفينة الكهربائية الرائدة.

ما الذي يتطلبه بناء سفينة كهربائية يمكن أن تصل حمولتها إلى 18,000 وحدة مكافئة لعشرين قدمًا، وهو الحمل الشائع نقله الآن بين القارات؟ ففي رحلة بحرية مدتها 31 يومًا، تحرق اليوم أكفأ السفن التي تعمل بمحركات الديزل 4650 طنًا من الوقود (النفط المُتبقي منخفض الجودة)، بمُعدَّل 42 جيجا جول لكل طن، أي بمُعدَّل كثافة طاقة 11,700 وات ساعة لكل كيلوجرام، مقابل 300 وات ساعة لكل كيلوجرام لبطاريات أيونات الليثيوم الشائعة اليوم - أي أن الفرق نحو 40 ضعفًا.

ويكون إجمالي الوقود اللازم لإتمام الرحلة نحو 195 تيرا جول، أو 54 جيجاوات ساعة. وتعمل محركات الديزل الكبيرة (علمًا بأن ما يتم تركيبه منها في سفن الحاويات هو الأكبر حجمًا) بنسبة كفاءة 50 % تقريبًا، أي أن الطاقة المُستخدمة فعليًا للدفع هي نصف إجمالي الوقود اللازم، أو نحو 27 جيجاوات ساعة. ولتلبية هذا الاحتياج، قد تحتاج المحركات الكهربائية الكبيرة التي تعمل بنسبة كفاءة 90 % لنحو 30 جيجا جول ساعة من الكهرباء.

إذا زوِّدت السفينة بأفضل بطاريات أيونات الليثيوم التجارية اليوم (300 وات ساعة لكل كيلوجرام)، سيظل عليها أن تحمل 100,000 طن منها للسفر دون توقُّف من آسيا إلى أوروبا في شهر (على سبيل

المقارنة، تحمل السيارات الكهربائية نحو 500 كيلوجرام، أو 0.5 طن، من بطاريات أيونات الليثيوم). وستشغل تلك البطاريات وحدها حتى 40% تقريبًا من السعة القصوى للشحن - وهو افتراض مُدمِّر اقتصاديًّا، ناهيك عن الصعوبات التي ينطوي عليها شحن السفينة بالكهرباء وتشغيلها، وحتى إذا زِدنا كثافة طاقة البطاريات إلى 500 وات ساعة لكل كيلوجرام بوتيرة أسرع مما هو مُتوقَّع. فستظل السفينة التي تبلغ حمولتها 18,000 وحدة مكافئة لعشرين قدمًا بحاجة إلى ما يقرب من 60,000 طن من هذه البطاريات لإتمام رحلة بحرية طويلة بين القارات بسرعة بطيئة نسبيًّا.

الخلاصة واضحة، كي تكون لدينا سفينة كهربائية لا يزيد وزن بطارياتها ومحركاتها على وزن الوقود (نحو 5000 طن) ومحرك الديزل (نحو 2000 طن) المُثبَّت في سفن الحاويات الكبيرة اليوم. فإننا قد نحتاج إلى بطاريات بكثافة طاقة أكبر من 10 أضعاف كثافة طاقة أفضل بطاريات أيونات الليثيوم المتوافرة حاليًّا.

لكنها مهمةٌ صعبة: ففي الأعوام الـ 70 الماضية، لم تتضاعف كثافة طاقة أفضل البطاريات التجارية حتى بمقدار 4 مرات.

التكلفة الحقيقية للكهرباء

في الكثير من الدول الغنية، أحدث القرن الجديد نقلةً في المسار الطويل لأسعار الكهرباء: فهي لم تزِد بحسابات النقود اليوم فقط، بل زادت أيضًا نظرًا للتعديلات التي يقتضيها حجم التضخم. وحتى مع ذلك، تظل الكهرباء صفقة مثيرة للإعجاب - رغم كونها، كالمُتوقَّع، صفقة ذات الكثير من الصفات المحلية، التي لا تنتج فقط عن إسهام معين لمصادر مختلفة، بل أيضًا عن التنظيم الحكومي المستمر.

وتوضِّح وجهة النظر التاريخية مسارًا لقيمة استثنائية، وهو ما يُفسِّر وجود الكهرباء في كل مكان في العالم الحديث. فعندما تم تعديل الأسعار نظرًا لحجم التضخم (وتم التعبير عن ذلك بالقيمة الثابتة للعملة في عام 2019)، انخفض متوسط سعر الكهرباء المنزلية في الولايات المتحدة من 4.81 دولار لكل كيلووات ساعة في عام 1902 (وهو أول عام يكون فيه المتوسط المحلي متاحًا) إلى 30.5 سنت في عام 1950، ثم إلى 12.2 سنت في عام 2000، ثم ارتفع في مطلع عام 2019 ارتفاعًا هامشيًّا ليصبح 12.7 سنت لكل كيلووات ساعة، وهو ما يُمثِّل انخفاضًا نسبيًّا أكثر من 97 % - أو أنه، بالترتيب العكسي، أصبح الدولار الواحد الآن يشتري ما يقرب من 38 ضعف كمية الكهرباء التي كان يشتريها في عام 1902. لكن، في أثناء تلك الفترة، تضاعف متوسط (نظرًا لحجم التضخم، مرة أخرى) أجور التصنيع بمقدار ما يقرب من 6 مرات؛ ما

يعني أن الكهرباء الآن في منازل العمال أصبحت في المتناول بمُعدَّل يزيد على 200 مرة (حيث انخفضت التكلفة المُعدَّلة للحصول عليها لأقل من 0.5 % عن مُعدَّل عام 1902) أكثر مما كانت قبل 120 عامًا تقريبًا.



لكننا نشتري الكهرباء ليتم تحويلها إلى ضوء، أو طاقة حركية، أو حرارة، وقد جعلت التحسينات التي طرأت على كفاءتها من استخداماتها النهائية صفقة أروع، علمًا بأن الإنارة هي المكسب الأكثر إبهارًا. ففي عام 1902، كان المصباح الكهربائي ذو فتيل التانتالوم ينتج 7 لومن لكل وات، وفي عام 2019 يُنتج المصباح ذو الصمام الثنائي المُعتِم 89 لومن لكل وات، ما يعني أن اللومن من كهرباء الإنارة لمنزل أسرة من الطبقة العاملة أصبح الآن في المتناول بدرجة أكبر بـ2500 مرة تقريبًا، مقارنةً بما كانت عليه الحال مطلع القرن الـ 20.

ويُبيِّن المشهد الدولي بعض الفروق المدهشة، فتكلفة الكهرباء المنزلية في الولايات المتحدة أرخص منها في أيّ دولة غنية أخرى باستثناء كندا والنرويج، لكونهما دولتين تتمتعان بمعدل دخل مرتفع،

وتمتلكان الحصص الأعلى من توليد الطاقة الكهرومائية (59 % في كندا و95 % في النرويج). وعند استخدام أسعار الصرف السائدة، نجد سعر الكهرباء المنزلية في الولايات المتحدة يساوي نحو 55 % من متوسط الاتحاد الأوروبي. ونحو نصف متوسط اليابان، وأقل من 40 % من السعر في ألمانيا. وتنخفض أسعار الكهرباء في الهند، والمكسيك، وتركيا، وجنوب إفريقيا عنها في الولايات المتحدة عندما يتم تحويلها باستخدام أسعار الصرف الرسمية، لكنها تكون أعلى بصورة ملحوظة عند استخدام تعادل القدرة الشرائية: أكثر من ضعفي سعرها في الهند، وما يقرب من 3 أضعاف سعرها في تركيا.

وعند مطالعة التقارير التي تتناول الانخفاض الشديد في تكلفة خلايا الألواح الضوئية (اقرأ أيضًا الظهور البطيء للألواح الضوئية، صفحة 161) والأسعار ذات التنافسية الشديدة لتوربينات الرياح، قد يستخلص المُلاحظ البسيط أن الحصص المتزايدة للمصادر الجديدة للطاقة المتجددة (طاقتي الشمس والرياح) ستُبشِّر بعصر من انخفاض أسعار الكهرباء. لكن في الحقيقة العكس هو الصحيح. فقبل عام 2000، عندما شرعت الدولة في برنامجها الضخم باهظ التكلفة للتوسُّع في مجال توليد الطاقة الكهربائية من المصادر المتجددة (*الانتقال الطاقي*)، كانت أسعار الكهرباء المنزلية في ألمانيا منخفضة، وتزداد انخفاضًا؛ حيث استقرت عند ما يقل عن 0.14 يورو لكل كيلووات ساعة في عام 2000.

وبحلول عام 2015، زادت قدرة طاقتي الشمس والرياح مجتمعتين في ألمانيا لتقترب من 84 جيجاوات، لتتجاوز إجمالي السعة التي يتم تشغيلها في محطات الوقود الحفري، وبحلول مارس من عام 2019 أصبح أكثر من 20 % من توليد الكهرباء يأتي من المصادر الجديدة للطاقة

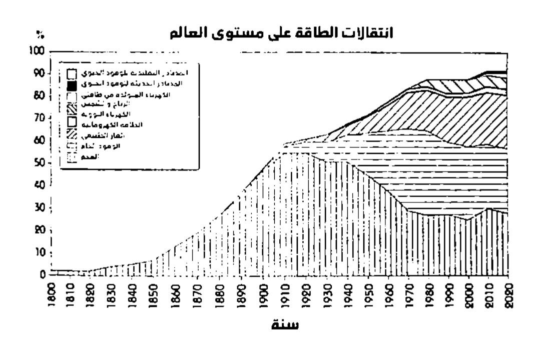
المتجددة، لكن أسعار الكهرباء ازدادت لأكثر من الضعف في 18 عامًا، لتصل إلى 0.29 يورو لكل كيلووات ساعة. ومن ثم؛ أصبح الاقتصاد الأضخم في الاتحاد الأوروبي هو صاحب ثاني أعلى أسعار للكهرباء: يرتفع السعر فقط في الدنمارك التي تعتمد على الرياح بشكل كبير (ففي عام 2018، كان 41% من توليد الكهرباء يأتي من طاقة الرياح)، ليساوي 0.31 يورو لكل كيلووات ساعة. ويمكن ملاحظة تناقض مشابه في الولايات المتحدة، ففي كاليفورنيا، مع حصتها المتزايدة من المصادر الجديدة للطاقة المتجددة، ارتفعت أسعار الكهرباء بمُعدَّل 5 مرات أسرع من المتوسط المحلي، وهي الآن أعلى بنسبة 60 % تقريبًا من متوسط الدولة ككل.

الوتيرة البطيئة التي لا مفر منها للانتقال الطاقي

في عام 1800، كانت المملكة المتحدة وحدها وبضعة مواقع في أوروبا وشمال الصين هي التي تحرق الفحم لتوليد الحرارة؛ حيث كانت نسبة 98 % من الطاقة الأولية في العالم تتولّد من وقود الكتلة الحيوية، غالبًا ما يكون الخشب والفحم النباتي، وفي المناطق التي أزيلت منها الغابات كانت الطاقة تأتي أيضًا من القش وروث الحيوانات الصلب. وبحلول عام 1900، في ظل توسع استخراج الفحم من المناجم، وبدء إنتاج البترول والغاز في أمريكا الشمالية وروسيا، كان وقود الكتلة الحيوية يوفّر نصف استهلاك العالم من الطاقة الأولية، وبحلول عام 1950 كانت النسبة لا تزال نحو 30 %، ثم انخفضت في مطلع القرن الـ21 إلى 12%، لكنها رغم ذلك لا تزال أعلى من 80% في كثير من دول أفريقيا جنوب الصحراء. فمن الواضح أن الانتقال من الكربون الجديد (الموجود في أنسجة النبات) إلى الكربون (الأحفوري) القديم الموجود في الفحم، والنفط الخام، والغاز الطبيعي قد استغرق بعض الوقت.

نحن الآن في المراحل المبكرة من انتقال يمثل تحديًا أكبر كثيرًا: عملية نزع الكربون من إمداد الطاقة العالمي اللازمة لتجنُّب أسوأ عواقب الاحتباس الحراري. وعلى عكس الانطباع الشائع، لا يمضي هذا الانتقال بوتيرة مشابهة لوتيرة تبني الهواتف الخلوية، فبالقيمة المُطلقة، نجد

أن العالم كان يسير نحو الكربون وليس بعيدًا عنه (انظر الاصطدام بالكربون، صفحة 312)، وبالقيمة النسبية ما زالت مكاسبنا تُقاس بأرقام أُحادية.



عُقِدَت اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي لأول مرة عام 1992، وفي ذلك العام كانت مصادر الوقود الأحفوري (باستخدام تحويل مصادر الوقود والكهرباء إلى مقام مشترك تُفضّله شركة بي بي في تقريرها الإحصائي السنوي) تُمثِّل نسبة 86.6 % من مصادر الطاقة الأولية في العالم. وبحلول عام 2017، مثَّلت نسبة 85.1%؛ ما يعني حدوث انخفاض طفيف بنسبة 1.5 % على مدار 25 عامًا.

قد يكون هذا المؤشر الرئيسي لوتيرة الانتقال الطاقي في العالم هو التذكير الأكثر إقناعًا بأن العالم يعتمد على الكربون الأحفوري بشكل أساسي ومستمر. فهل يمكن لانخفاض هامشي بنسبة 1.5 % على مدار

ربع قرن أن يُتبَع في السنوات الـ25-30 التالية باستبدال البدائل غير الكربونية بنحو 80 % من مصادر الطاقة الأولية في العالم، حتى نقترب من هدف تقليل استخدام الكربون الأحفوري إلى الصفر بحلول عام 2050؟ كالعادة لن تُمكّننا الأهداف التجارية من تحقيق هذه الغاية، والسيناريوهات المعقولة الوحيدة لتحقيق هذه الغاية هي إما حدوث انهيار في الاقتصاد العالمي وإما تبني مصادر جديدة للطاقة بوتيرة أسرع، وعلى نطاق أكبر كثيرًا من إمكاناتنا الحالية.

وتُضَلِّل الإنجازات المزعومة في مجال توليد الكهرباء من طاقتي الرياح والشمس قُرَّاء الأخبار العاديين، وبالطبع كانت هذه المصادر المتجددة للطاقة تتقدم بثبات وإبهار: فقد كانت في عام 1992 توفِّر فقط 0.5 % من استهلاك العالم للكهرباء، وبحلول عام 2017 أسهمت بنسبة 4.5 %. لكن هذا يعني أنه، على مدار تلك الأعوام الـ25، كان جزء كبير من عملية الحد من الاعتماد على الكربون في توليد الكهرباء يرجع إلى زيادة التوسُّع في توليد الطاقة الكهرومائية دون طاقتي الشمس والرياح. ونظرًا لأن نحو 27 % فقط من الاستهلاك الكلي للطاقة يتمثل في الكهرباء، فإن هذه الإنجازات تُتَرجَم إلى حصة أقل كثيرًا من الخفض العام للكربون.

لكن أصبح توليد الكهرباء من طاقتي الشمس والرياح الآن صناعة ناضجة، وصار من الممكن إضافة إمكانات جديدة لها بسرعة؛ ما يزيد من وتيرة الحد من الكربون في توليد الكهرباء. وعلى العكس، تعتمد العديد من القطاعات الاقتصادية الرئيسية بشدة على مصادر الوقود الأحفوري ولا نملك أية بدائل غير كربونية للاستعاضة بها عن هذه المصادر بسرعة وعلى النطاقات الهائلة اللازمة. ومن بين هذه القطاعات النقل لمسافات طويلة (الذي يعتمد الآن تمام الاعتماد تقريبًا على الطائرات النفّاثة التي

تعمل بالكيروسين، والديزل، وزيت الوقود، والغاز الطبيعي المُسال لسفن الحاويات، وناقلات البضائع الجافة، والناقلات الضخمة)، وتصنيع أكثر من مليار طن من الحديد الأولي (حيث يتطلب الكوك المصنوع من الفحم لصهر خام الحديد في أفران هائلة) وأكثر من 4 مليارات طن من الأسمنت (الذي يُصنَّع في أفران دوَّارة تعمل بالوقود الأحفوري منخفض الجودة)، وإنتاج ما يقرب من 200 مليون طن من الأمونيا ونحو 300 مليون طن من البلاستيك (بدايةً من المُركَّبات المشتقة من الغاز الطبيعي والوقود الخام)، وأغراض التدفئة (التي يُهيمن عليها الغاز الطبيعي).

لا بد أن توجه هذه الحقائق - بدلًا من أية أفكار أخرى تقوم على التمنّي - فهمنا لانتقالات مصادر الطاقة الأولية. فاستبدال 10 مليارات طن من الكربون الأحفوري، هو تحدٍّ يختلف اختلافًا جذريًّا عن زيادة مبيعات أجهزة إلكترونية صغيرة محمولة إلى أكثر من مليار وحدة في السنة، فقد تحقَّق هذا الإنجاز الأخير في غضون سنوات، أما استبدال 10 مليارات طن من الكربون الأحفوري فهو مهمةٌ يستغرق تحقيقها عقودًا كثيرة.

النقل..

كيف ننتقل هنا وهناك؟

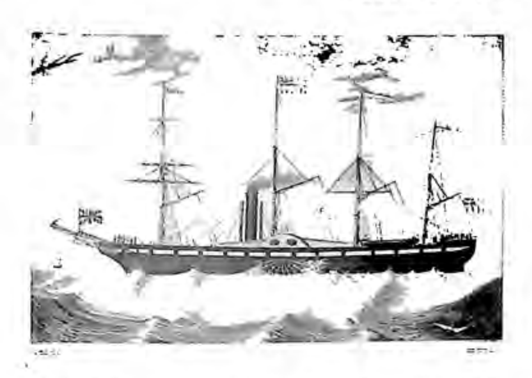
تقليص زمن السفر عبر المحيط الأطلنطي

كانت السفن التجارية تستغرق ثلاثة أسابيع - وأحيانًا أربعة - لعبور شرق المحيط الأطلنطي. وعادةً ما كان المسار الغربي، والذي يكون السير فيه عكس اتجاه الريح، يستغرق 6 أسابيع. وقد عبرت أول سفينة المحيط الأطلنطي في عام 1833، وذلك عندما توجهّت السفينة إس إس *رويال ويليام* التي بُنيت في مدينة كيبك إلى إنجلترا بعد التوقُّف في مقاطعة نوفا سكوشا للتزوُّد بالفحم. ولم تستكشف السفن البخارية المسار الغربي إلا في إبريل من عام 1838، وهو ما حدث بطريقة درامية غير مُتوقَّعة.

لقد بنى «إسامبارد كينجدم برونيل»، أحد أعظم المهندسين البريطانيين في القرن الـ 19، السفينة إس إس جريت *وسترن* من أجل مسار بريستول- نيويورك الذي خططت له شركة جريت ويسترن ستيمشيب كامبني المالكة للسفينة؛ حيث كانت السفينة جاهزة في 31 مارس من عام 1838، لكن هناك حريقًا اندلع على متنها ليؤجِّل موعد انطلاقها حتى 8 إبريل.

وفي تلك الأثناء، حاولت الشركة البريطانية الأمريكية ستيم نافيجيشن كامبني تحقيق السبق عن طريق استئجار السفينة إس إس *سيريوس*، وهي سفينة صغيرة ذات هيكل خشبي وعجلة تجديف مبنية

للخدمة الأيرلندية (طريق لندن-كورك)، فانطلقت السفينة سيريوس من مدينة كويه بأيرلندا، في 4 إبريل من عام 1838؛ حيث كانت مراجلها تعمل تحت ضغط 34 كيلو باسكال، بطاقة قصوى للمحرك 370 كيلووات (على سبيل المقارنة، تعمل السيارة فورد موستانج 2019 بجهد 342 كيلووات). واستطاعت قطع ما يقرب من 5400 كيلومتر (أي 2916 ميلًا بحريًا) حاملة على متنها 460 طنًا من الفحم، وكادت تصل إلى ميناء نيويورك.



سفينة جريت ويسترن التي بناها «برونيل»: ذات عجلة تجديف وتعمل بمحرك بخاري، وكانت لا تزال تستعمل الحبال اللازمة للأشرعة

على العكس، كانت جريت ويسترن أكبر سفينة رُكَّاب في العالم، وكان بها 128 سريرًا في الدرجة الأولى، وأيضًا كانت مراجلها تعمل

بضغط 34 كيلو باسكال، لكن محركاتها كانت قادرةً على العمل بجهد 560 كيلووات (جهد مُولِّدات الديزل الصناعية اليوم)، وفي رحلتها الأولى العابرة للمحيط الأطلسي أبحرت بمتوسط 16.04 كيلومتر في الساعة (أي أبطأ من أفضل عدّائي الماراثون اليوم، الذين يركضون بمتوسط يزيد على 21 كم/س). وحتى في الأيام الأربعة الأولى من بداية انطلاقها، بالكاد استطاعت السفينة *سيريوس* (بمتوسط 14.87 كم/س) التفوق على السفينة الأكبر والأسرع، لتصل نيويورك في 22 إبريل من عام 1838، أي بعد 18 يومًا، و14 ساعة، و22 دقيقة.

ظهرت لاحقًا روايات هوَّلت من وصولها إلى نيويورك بهذه السرعة من خلال الادعاء بأن السفينة *سيريوس* قد نفد منها الفحم، واضطر الطاقم إلى حرق الأثاث وحتى الصواري للتمكن من الوصول إلى الميناء، وهذا ليس صحيحًا، لكنهم اضطُروا إلى حرق عدة براميل من الراتينج. وعندما وصلت السفينة *جريت ويسترن* في اليوم التالي، أي بعد نحو 15 يومًا و12 ساعة، حتى بعد حرقها 655 طنًا من الفحم، كان لا يزال لديها 200 طن فائضًا منه.

وقد خفَّض البخار زمن عبور المحيط الأطلنطي إلى أكثر من النصف، وتوالت الأرقام القياسية، وبحلول عام 1848، عبرت السفينة إس إس *يوروبا* المملوكة لشركة كونارد في 8 أيام و23 ساعة. ثم بحلول عام 1888، أصبح عبور المحيط الأطلنطي يستغرق ما يزيد قليلًا على 6 أيام، وفي عام 1907، حازت السفينة آر إم إس *لوسيتانيا* التي تعمل بتوربين البخار جائزة بلوريباند (التي تُمنَح عن أسرع عبور للمحيط الأطلنطي) وقد عبرت في 4 أيام، و19 ساعة، و52 دقيقة.

واستطاعت آخر السفن الحاملة للرقم القياسي، السفينة إس إس *يونايتد ستيتس*، العبور في 3 أيام، و10 ساعات، و40 دقيقة في عام 1952.

وكانت الحقبة التالية، والتي عبرت المحيط فيها الطائرة التجارية ذات المحرك المتردد في 14 ساعة أو أكثر، حقبةً وجيزةً، ذلك بحلول عام 1958 حيث كانت أول طائرة نفّاثة توربينية تجارية أمريكية، وهي الطائرة بوينج 707، تُقلِع في رحلات منتظمة من لندن إلى نيويورك في أقل من 8 ساعات. ولم تتغيّر سرعات الطيران كثيرًا: تُحلّق طائرة الأحلام بوينغ 787 بسرعة 913 كم/س، ولا تزال رحلات لندن-نيويورك تستمر نحو 7 ساعات ونصف.

واستطاعت الطائرة كونكورد الأسرع من الصوت والباهظة، التي تصدر صوتًا مدويًا، والتي لم يحالفها النجاح، أن تقطع هذه الرحلة في 3 ساعات ونصف، إلا أنها لن تُحلّق مرة أخرى أبدًا. فالعديد من الشركات الآن تطوِّر طائرات النقل الأسرع من الصوت، وقد حصلت شركة إيرباص لصناعة الطائرات على براءة اختراع طائرة فائقة لسرعة الصوت، بسرعة طيران تفوق سرعة الصوت بـ4.5 مرة، وربما تصل هذه الطائرة مطار جون إف كينيدي الدولي بعد ساعة واحدة فقط من الإقلاع من مطار هيثرو بلندن.

لكن هل نحتاج فعليًّا إلى مثل هذه السرعة بتكلفة طاقة أكبر كثيرًا؟ فمقارنة بزمن عبور السفينة *سيريوس* في عام 1838، اختزلنا زمن العبور بنسبة أكبر من 98 %، وتكون مدة التحليق جوًّا مناسبة تمامًا لقراءة رواية ثرية، أو ربما حتى قراءة هذا الكتاب.

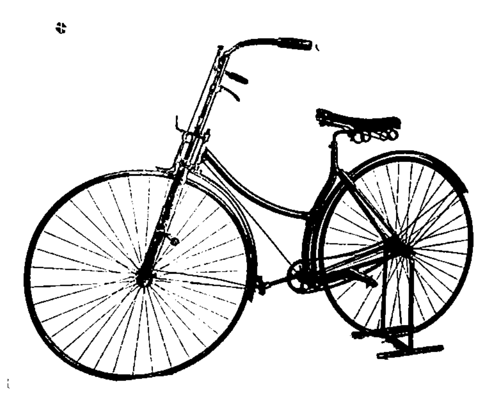
المحركات أقدم من الدراجات!

تأجلت بعض الإنجازات التقنية إما لقصور في التخيُّل، وإما لسلسلة من الظروف المُعوِّقة. ولا أجد مثالًا يعبِّر عن كلتا الحالتين أفضل من الدراجات.

قبل قرنين ماضيين في مدينة مانهايم الألمانية، في 12 يونيو من عام 1817، عرض «كارل درايس»، المُتخصِّص في علم حراجة الغابات في دوقية بادن الكبرى بألمانيا، لأول مرة *حصان الداندي* («آلة ركض») الذي اخترعه، والذي سُمِّيَ فيما بعد بـ«العربة اليدوية» أو «حصان الهواية». وكانت هذه العربة بها مقعد في المنتصف، وعجلة تحكم أمامية، وعجلات بالقطر نفسه، فكانت هي النموذج البدائي لكل المركبات التي ظهرت بعد ذلك، وتتطلب توازنًا مستمرًّا، لكنها لم تكن تُدفَع عن طريق بدّال، بل بدفع الأرض بقدمي السائق، على طريقة الشخصية الكرتونية «فريد فلينتستون».

قطع «درايس» ما يقرب من 16 كيلومترًا فيما يزيد على الساعة قليلًا بواسطة دراجته الخشبية الثقيلة، أي بوتيرة أسرع من العربة التقليدية التي يجرها الخيل، لكن من الواضح، على الأقل اليوم، أن التصميم كان غير مُتقَن، وأنه لم يكن هناك عدد كافٍ من الطرق المرصوفة. لكن لماذا استغرقت العقود التالية لعام 1820 الذي كان زاخرًا باختراعات، مثل القاطرات، والسفن البخارية، وآليات التصنيع،

وقتًا طويلًا للإتيان بوسائل دفع من شأنها أن تجعل من الدراجة آلة عملية يمكن لأي شخص أن يركبها؟



دراجة الأمان روفر التي اخترعها «جون كيمب ستارلي»

لعل الأجوبة واضحة، فقد كانت الدراجات الخشبية ثقيلة وغير مُتقَنة، وكانت الأجزاء المعدنية الرخيصة (الهيكل، والإطار، والبرامق) تحتاج إلى آلات متينة التصميم لم تكن مُتوافرة آنذاك. كما جعلت الطرق غير المرصوفة تجربة التجول غير مريحة، ولم تكن الإطارات الهوائية قد اختُرِعت بعد حتى أواخر ثمانينيات القرن الـ 19 (انظر الفصل التالي). كذلك كان ينبغي لمُعدلات الدخل في الحضر أن ترتفع أولًا لتسمح بتبنِّي ما كان في أساسه وسيلةً للترفيه على نطاقٍ أوسع.

وفي عام 1866 فقط حصل «بيير لالمنت» على براءة اختراع الدراجة التي تُدفَع بالبدال المُثبَّت بعجلة أمامية أكبر قليلًا، واعتبارًا من عام 1868، وضع «بيير ميشو» تصميم الدراجة *فيلوسيبيد* ذات العجلة الواحدة أو أكثر التي شاع استخدامها في فرنسا. لكن الدراجة مايكودين لم تصبح دليل الدراجات الحديثة، بل كانت تُمثِّل إبداعًا سريع الزوال، وقد عمَّت سبعينيات وثمانينيات القرن الـ 19 بالكامل العجلات العالية (المعروفة أيضًا باسم «العجلة المرتفعة العادية» أو دراجات بنس بيني)، وكانت بدالاتها مُثبَّته مباشرةً في محاور العجلات الأمامية التي يصل قطرها إلى 1.5 متر لقطع مسافة أكبر مع كل دورة للبدال. وربما كانت هذه الآلات غير المُتقَنة سريعة. لكنها أيضًا كانت صعبة الركوب ومُعقَّدة التحكم، حيث كان استخدامها يتطلب براعة، وجَلَدًا، وتحمُّلًا للسقطات الخطرة.

ولم يبدأ المخترعان البريطانيان «جون كيمب ستارلي» و«ويليام سوتون» عرض دراجات الأمان روفر التي اخترعاها والتي تتميز بعجلات متساوية الحجم، وتوجيه مباشر، وناقل حركة بالسلاسل، وهيكل معدني أنبوبي. إلا في عام 1885. ورغم أن الدراجة لم تكن قد اتخذت بعد الشكل الكلاسيكي، كان تصميمها - تصميم دراجة حديثة بحق - جاهزًا للانتشار على نطاقٍ واسع؛ حيث ساد انتشارها في عام 1888، مع ظهور الإطارات الهوائية لـ«جون دنلوب».

وقد ظهرت إذن آلة اتزان بسيطة تتكون من عجلتين مُتساويتين في الحجم، وهيكل معدني صغير، وسلسلة حركة قصيرة *بعد* أكثر من قرن من تطوير «وات» للمحركات البخارية (1765)، *وبعد* أكثر من نصف قرن من ظهور القاطرات الأكثر تعقيدًا (1829)، *وبعد* سنوات من توليد الكهرباء بهدف التسويق التجاري للمرة الأولى (1882) - ولكن *بالتزامن*

مع التصميمات الأولى للسيارات؛ حيث كان أول محرك احتراق داخلي خفيف يُحمَل على عربات خيل ثلاثية أو رباعية العجلات، والتي اخترعها كل من «كارل بنز»، و«جوتليب دايملر»، و«فيلهلم مايباخ» في عام 1886.

ورغم التغيُّر الهائل للسيارات في الفترة ما بين عامي 1886 و1976، ظل تصميم الدراجة متحفِّظًا بصورة ملحوظة. ولم تظهر أول دراجة مُخصَّصة لغرض تسلق الجبال إلا عام 1977، ولم يظهر التبني الواسع للتصاميم المبتكرة للدراجات التي تتكوَّن من خليط من المعادن باهظة الثمن، ومواد مُركَّبة، وهياكل غريبة الشكل، وعجلات صلبة، ومِقوَد مقلوب لأعلى إلا خلال ثمانينيات القرن الـ 20.

القصة المذهلة للإطارات القابلة للنفخ

إن الاختراعات الشهيرة قليلة، وتحمل بوجه عام اسم شخص أو مؤسسة، ولعل المصباح الكهربائي الذي طوره «إديسون» ومُحوِّل مختبرات «بل» هما المثالان الأبرز في هذا التصنيف المحدود جدًّا، رغم أن «إديسون» لم يبتكر المصباح الكهربائي (بل الإصدار الأكثر متانة منه وحسب)، وبصعوبة ابتكرت مختبرات بل المُحوِّل (إذ حصل الجهاز المبني من المواد الصلبة على براءة الاختراع عام 1925 من قبل «جوليوس إدجار ليلينفيلد»).

وعلى الجانب الآخر من نطاق المعرفة نجد التصنيف الأكبر كثيرًا للابتكارات التي غيّرت مجرى التاريخ والتي تعد أصولها غامضة، وليس هناك مثال على هذا أفضل من الإطارات القابلة للنفخ، التي ابتكرها «جون بويد دنلوب»، وهو رجل اسكتلندي كان يعيش في أيرلندا، ويعود تاريخ براءة اختراعه البريطانية إلى أكثر من 130 عامًا مضت، حيث صدرت في 7 ديسمبر 1888.

قبل «دنلوب»، كانت الفرصة الأفضل للإطار المطاطي الصلب، الذي كان متاحًا منذ ابتكار عملية الفلكنة (عملية تسخين المطاط مع الكبريت لزيادة مرونته، والتي صدرت براءة اختراعها في عام 1844) لـ«تشارلز جوديير» والتي أتاحت إمكانية تصنيع المطاط المتين. ورغم أن هذه الإطارات كانت تُمثِّل تطورًا كبيرًا على العجلات الخشبية الصلبة

أو العجلات ذات البرامق والحواف الحديدية، فإن تجربة ركوبها لا تزال مزعجة.

اِبتكر «دنلوب» نموذجه الأولي، عام 1887، لكي يُسهِّل على ابنه ركوب الدراجة ثلاثية العجلات في الطرق المليئة بالمطبات. وقد كان منتجًا بدائيًّا - إذ كان ببساطة عبارة عن أنبوب منفوخ ومربوط، وكان ملفوفًا بالكتان، ومُثبّتًا بعجلة خشبية صلبة لدراجة ثلاثية العجلات عن طريق المسامير.



«جون بويد دنلوب» راكبًا ابتكاره

وجد هذا الإصدار المُطوَّر استخدامًا فوريًا بين الأعداد المتزايدة لراكبي الدراجات الحماسيين، وأُنشِئت شركة لتصنيع هذه الإطارات. لكن، كحال الكثير من الابتكارات، لم يتم التصديق في النهاية على براءة اختراع «دنلوب» لأنه اتضح أن هناك رجلًا اسكتلنديًا آخر، يُدعى «روبرت ويليام تومسون»، حصل سابقًا على براءة اختراع الفكرة نفسها، رغم أنه لم يحولها إلى منتَجٍ عمليّ.

وعلى الرغم من ذلك، حفَّز ابتكار «دنلوب» العمل على إطارات أكبر للسيارات التي تم ابتكارها حديثًا. وفي عام 1885، ابتكر كارل بنز أول سيارة بثلاث عجلات بإطارات مطاطية صلبة، وبعدها بست سنوات، قدَّم الأخوان «ميشلان»، «أندريه ميشلان» و«إدوارد ميشلان»، إصدارهما من الإطارات المطاطية القابلة للفصل للدراجات الهوائية، وفي عام 1895 أصبحت سيارتهما *ليكلير* ذات المقعديْن أول سيارة ذات إطارات مطاطية قابلة للنفخ تدخل سباق باريس- بوردو- باريس الذي يبلغ طوله 1200 كيلومتر تقريبًا. ولأن إطارات السيارة *ليكلير* كانت تحتاج إلى التغيير كل 150 كيلومترًا؛ فقد حصلت في نهاية المطاف على المركز التاسع.

كانت تلك انتكاسة مؤقتة، حيث حقَّقت المبيعات أرقامًا جيدة، وأصبح «بيبندوم»، ذلك الرجل المطاطي المصنوع من إطارات السيارات، رمزًا لشركة ميشلان عام 1898. وبعدها بعام، استخدمت السيارة ميتش جامي كونتنت، والتي تعني («المتحمس دائمًا») وهي سيارة كهربائية بلجيكية تجاوزت سرعتها الـ100 كيلومتر في الساعة. وفي عام 1913، قدَّمت شركة ميشلان العجلة الفولاذية القابلة للفصل؛ ومن ثم أُتيحت إمكانية الاحتفاظ بعجلة احتياطية في صندوق السيارة - وهي مُعدَّة ظلت صامدة حتى يومنا هذا.

أخيرًا انضم اسم «جون دنلوب» لقاعة مشاهير السيارات في عام 2005، وما زالت العلامة التجارية دنلوب منتشرة. وهي مملوكة الآن لشركة جوديير للإطارات والمطاط، وهي ثالث أكبر شركة لصنيع الإطارات على مستوى العالم. وتُعد الشركة اليابانية بريدجستون رائدة هذا المجال، بينما تقترب شركة ميشلان من المرتبة الثانية - وهي مثال نادر لشركة ظلّت قريبة من القمة في مجالها لأكثر من قرن من الزمان.

تُعد الإطارات التجسيد الأبرز لعصر الصناعة - رغم كونها ثقيلة، وضخمة، ومُلَوِّثة، لا يزال من الصعب جدًّا التخلص منها - لكنها حتى في عصرنا المعلوماتي هذا لا تزال مطلوبة بأعداد أكبر، ولابد أن تُلبي شركات الإطارات احتياج السوق الدولية لنحو 100 مليون مركبة جديدة كل عام، وقطع غيار أسطول السيارات العالمي المكون من أكثر من 1.2 مليار مركبة.

كان «دنلوب» سيُذهل بما بدأه، بل كان سيُذهل كثيرًا من إزالة الطابع المادي لعالمنا الذي يتم الترويج له كثيرًا حتى إن عصر الذكاء الاصطناعي من المفترض أن يكون قد بدأ.

متى بدأ عصر السيارات؟

في عام 1908، كان «هنري فورد» يعمل في مجال السيارات لأكثر من عقد، وكانت شركة فورد موتور، التي كان عمرها آنذاك 5 سنوات وكانت تحقّق أرباحًا بالفعل. قد لحقت إلى حدٍّ كبير بأقرانها من خلال تقديم خدماتها إلى ميسوري الحال، حيث وصل سعر السيارة فورد موديل K، التي ظهرت عام 1906، إلى نحو 2800 دولار، وبيعت السيارة الأصغر منها فورد موديل N، التي ظهرت في العام نفسه، بسعر 500 دولار - وهو إجمالي ما كان يجنيه الشخص العادي في سنة كاملة.

ثم في 12 أغسطس من عام 1908، بدأ عصر السيارات، حيث تم تجميع القطعة الأولى من السيارة فورد موديل T في ذلك اليوم في مصنع فورد بيكيت أفينيو بمدينة ديترويت، حيث عُرِضَت للبيع في الأول من أكتوبر.

كان «فورد» قد حدَّد أهدافه بقوله: «سأصنع سيارة للجماهير العريضة، وستكون كبيرة بما يكفي لتتسع للأسرة كاملة، لكنها أيضًا ستكون صغيرة بما يكفي ليقودها الفرد الواحد ويهتم بها. وسيتم تصنيعها من أفضل الخامات بأبسط التصميمات وفقًا لتعليمات الهندسة الحديثة. لكنها ستكون أيضًا بسعرٍ زهيد جدًّا؛ حتى يتمكن كل من يحصل على راتب جيد من اقتناء واحدة». وبالفعل حقَّق «فورد» أهدافه، وذلك بفضل رؤيته والمواهب التي استطاع توظيفها، والتي كان من أبرزها المصممون

«تشايلد هارولد ويلز»، و«جوزيف جالامب»، و«يوجين فاركاس»، و«هنري لوف»، و«سي. جاي. سميث»، و«جوس ديجنر»، و«بيتر إي. مارتن».



السيارة فورد موديل T

كان المحرك ذو الأربع أسطوانات الذي يتم تبريده بالماء ينتج 15 كيلووات (تكون السيارات الصغيرة اليوم عادةً أكفأ بثماني مرات)، وكانت سرعته القصوى 72 كيلومترًا في الساعة، وكان سعره زهيدًا. وكانت السيارة رانباوت، وهي الطراز الأشهر، تُباع بسعر 825 دولارًا عام 1909، لكن التحسينات المستمرة في التصميم والتصنيع مكّنت «فورد» من خفض السعر إلى 260 دولارًا بحلول عام 1925، وهو ما كان يُعادل أجر شهرين ونصف الشهر للعامل العادي في ذلك الوقت. أما اليوم، فيبلغ متوسط سعر السيارة الجديدة في الولايات المتحدة 34000 دولار، أو

راتب متوسط لـ10 أشهر كاملة. وفي المملكة المتحدة، يبلغ متوسط النماذج الشائعة للسيارات الصغيرة نحو 15000 جنيه إسترليني (أي نحو 20000 دولار).

حقَّق ظهور خط التجميع المتحرك في مصنع هايلاند بارك بمدينة ديترويت عام 1913 وفورات كبيرة: بحلول عام 1914 كان المصنع ينتج بالفعل 1000 سيارة في اليوم. وقد ضَمِن قرار «فورد» بدفع أجور لم يسبق لها مثيل لعمال التجميع غير المهرة إنتاجًا لا ينقطع، حيث ازداد أجر اليوم الواحد في عام 1914 لأكثر من الضعف، ووصل إلى 5 دولارات في اليوم، وتم تقليص عدد ساعات العمل إلى 8 ساعات في اليوم.

كانت النتيجة مذهلة، ففي عام 1908 كانت شركة فورد لتصنيع السيارات تنتج 15 % من جميع السيارات في الولايات المتحدة، بينما صارت تنتج 48 % منها في عام 1914، و57 % منها في عام 1923. وبحلول شهر مايو من عام 1927، عندما انتهى تشغيل الإنتاج، كانت الشركة قد باعت 15 مليون سيارة من طراز فورد موديل T.

وصل «فورد» تحديدًا إلى بداية عولمة التصنيع، مستخدمًا إجراءات قياسية وناشرًا لفكرة تجميع السيارات حول العالم، وقد بدأ التجميع الأجنبي في كندا ثم انتشر في المملكة المتحدة، وألمانيا، وفرنسا، وإسبانيا، وبلجيكا، والنرويج، وكذلك المكسيك، والبرازيل، واليابان.

ورغم أن «فورد» قد خاطر كثيرًا بالتوسع في إنتاج هذه السيارة دون غيرها، لم تصبح هذه السيارة المركبة الأكثر مبيعًا في التاريخ، بل حازت هذه الصدارة «سيارة الشعب» الألمانية - السيارة فولكس فاجن. وبمجرد أن تقلَّد «أدولف هتلر» السلطة، أصدر مرسومًا بمواصفاتها،

مُصـرًّا علـى شـكلها المُميـز الشـبيه بالـخنفسـاء، وأمـر «فرديناند بورشيه» بتصميمهـا.

فـي الوقـت الـذي كانـت فيـه السـيارة جاهـزةً للتصنيـع، عـام 1938. كانـت لـدى «هتلـر» خطـط أخـرى، ولـم يتـم البـدء فـي تجميـع السـيارة حتـى عـام 1945، فـي المنطقـة التـي تحتلهـا بريطانيـا. وانتهـى التصنيع الألمانـي فـي عـام 1977، لكـن استـمر تجميـع طـراز فولكس فاجن بيتل الأصلي من السيارة في البرازيل حتى عام 1996 وفي المكسيك حتى عام 2003. وكانت آخـر سـيارة، تـم تصنيعهـا فـي مدينـة بويبـلا بالمكسيك، رقـم 21529464.

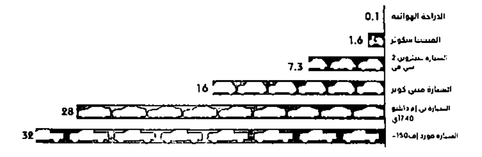
لكن كانت السـيارة بيتل تُمثِّل محاكاة مُستحدثة للسـيارة فورد موديل T مـن أوجـه عديـدة، ولا يمكن أن يكـون هنـاك أي جدال حول مـن قدَّم أول سيارةٍ للرُكَّاب بسـعرٍ معقـول علـى نطـاق جماهيـريّ.

نسبة الوزن إلى الحمولة في السيارات الحديثة بها خلل واضح

قبل قرنٍ مضى، كانت السيارة الأكثر مبيعًا في الولايات المتحدة، السيارة فورد موديل تي، وكانت تستهلك واحد وات من كل 12 جرامًا من محرك احتراقها الداخلي، واليوم تستهلك محركات السيارات الأفضل مبيعًا في الولايات المتحدة واحد وات لكل واحد جرام - أي أن هناك تحسنًا بنسبة 92 %، وهذا هو النبأ السار الوحيد الذي أزفه إليكم في هذا الفصل.

أما عن النبأ غير السار: فإن البيانات الصادرة من الولايات المتحدة تبين أنه خلال الـ100 عام الماضية، زاد متوسط قوة المحرك لأكثر من 11 ضعفًا، أي ما يعادل نحو 170 كيلووات إضافية، وهذا يعني أنه على الرغم من الانخفاض الحاد في كثافة الكتلة/القوة، فإن محرك السيارة النموذجي اليوم أخفُّ مما كان عليه قبل قرنٍ مضى - وأن السيارة العادية نفسها صارت أثقل كثيرًا: زادت كتلتها نحو 3 أضعاف، لتصل إلى أكثر من 1800 كيلوجرام (المتوسط في المركبات الخفيفة كلها، ونصفها تقريبًا من الشاحنات الصغيرة، وسيارات الدفع الرباعي الرياضية، والميني فان).

نسبة الوزن إلى الحمولة
(بفرض أن وزن الراكب البالغ 70 كجم)



ونظـراً إلـى أن نحـو ثلاثـة أربـاع المسـافرين اليوميـين فـي الولايـات المتحدة يركبون سياراتهم بمفردهم؛ تكون النتيجة أسوأ نسبة ممكنة من وزن المركبـة إلـى وزن الراكـب.

إن هـذه النسـبة هـي مـا يهـم؛ لأنـه نظـرًا إلـى حديـث مجـال صناعـة السيارات كله عن «تخفيف الوزن» - باستخدام الألومنيوم، والماغنيسيوم، وحتى البوليمرات المُدعّمة بأليـاف الكربـون لتخفيـف الـوزن الكلـي - فإن هـذه النسـبة فـي نهاية الأمـر تحُد من كفـاءة الطاقة.

إليـك بعضًـا مـن نسـب الـوزن، مُرتَّبـة ترتيبًـا تصاعديًـا، التـي يمكن للراكـب الـذي يبلـغ وزنـه 70 كيلوجرامًـا أن يُحقِّقهـا:

- 0.1 للدراجة الهوائية التي تزن 7 كيلوجرامات.
- 1.6 للفيسبا سكوتر الإيطالية التي يبلغ وزنها 110 كيلوجرامات.
- 5 أو أقـل للحافلـة الحديثـة، وهـذا فقـط إذا عـددت الـرُكّاب الجالسـين.

نسبة الوزن إلى الحمولة في السيارات الحديثة بها خلل واضح

- 7.3 للسيارة سيتروين 2سي في الفرنسية التي يبلغ وزنها 510 كيلوجرامات (*deux chevaux*، أو «حصانين»)، في خمسينيات القرن الـ 20
- 7.7 للسيارة فورد موديل تي التي ظهرت عام 1908 وأيضًا للقطار الياباني السريع *شينكانسن* الذي بدأ تشغيله في أكتوبر 1964 (ويعود الفضل بدرجة كبيرة في نسبة توفير القطار إلى التصميم، وكذلك إلى المُعدَّل المرتفع لركوب المواصلات العامة).
- 12 للسيارة الذكية، و16 للسيارة ميني كوبر، و18 للسيارة هوندا سيفيك إل إكس التي أمتلك واحدةً منها، و20 وكسر للسيارة تويوتا كامري
- 26 للمركبة الأمريكية الخفيفة العادية عام 2013
- 28 للسيارة بي إم دابليو 740آي.
- 32 للسيارة فورد إف150-، وهي المركبة الأمريكية الأكثر مبيعًا.
- 39 للسيارة كاديلاك إسكاليد إي إكس تي.

بالطبع، يمكنك الحصول على نسب مُذهلة من خلال الجمع بين السيارة المناسبة وبين القائد المناسب، إذ إنني أرى بصورة دورية سيدة تقود سيارة هامر إتش2 التي تزن دون شك 50 ضعف وزن السيدة. الأمر أشبه بالركض وراء ذبابة بمجرفة بخار.

لتوضيح الأمور، ضع في اعتبارك أن الطراز الأخير من الطائرة بوينج، 787-10، يعمل بكفاءة أعلى من السيارة سيتروين الصغيرة، فوزن إقلاعها الأقصى هو 254 طنًّا، وهي تحمل 330 راكبًا يبلغ وزنهم 23 طنًّا وحمولةً أخرى تزن 25 طنًّا، ومن ثم تكون النسبة الكلية للوزن إلى الحمولة هي 5.3 فقط.

ازداد وزن السيارات لأن جزءًا من سكان العالم صار غنيًا وصار السائقون مُدلَّلين. وأصبحت المركبات الخفيفة أكبر حجمًا، ومُزوَّدة بإمكانات أكثر، من بينها ناقل الحركة الذاتيّ، ومُكيِّف الهواء، وأنظمة الترفيه والاتصال، وعدد متزايد من النوافذ التي تعمل بمحركات التحكم، والمرايا، والمقاعد الكهربائية القابلة للتعديل. ولن تكون السيارات المُهجَّنة الحديثة ذات البطاريات الثقيلة والسيارات الكهربائية أخف وزنًا: فالسيارة الصغيرة الكهربائية بالكامل من طراز فورد فوكاس تزن 1.7 طن، والسيارة فولت من تصنيع شركة جنرال موتورز تزن أكثر من 1.7 طن، والسيارة تسلا تزن أكثر قليلًا من 2.1 طن.

ويمكن للسيارات الأخف وزنًا أن تكون أكثر نفعًا. لكن من الواضح أنه لا يمكن لشيء ما أن يؤدي إلى تخفيض النسبة إلى النصف (أو الربع) بالسهولة التي يمكن بها حمل راكبَين أو أربعة في السيارة الواحدة. إلا أنه أمر شديد الصعوبة في الولايات المتحدة. فقد أورد تقرير *ستيت أوف ذي أميريكان كوميوت* لعام 2019 أن نحو ثلاثة أرباع الرُّكَّاب اليوميين يذهبون بسياراتهم إلى العمل بمفردهم. ويعد التنقل بالسيارة أقل انتشارًا في أوروبا (36 % في المملكة المتحدة). وهو أكثر ندرةً في المناطق الحضرية باليابان (14 % فقط) - إلا أن متوسط أحجام السيارات في ازدياد في كلٍ من الاتحاد الأوروبيّ واليابان.

ومن ثم هناك توقُّع بأن تكون المحركات الأفضل على الإطلاق أو المحركات الكهربائية في المركبات الثقيلة هي الأسوأ بالنسبة للوزن إلى الحمولة في أي وسيلة ميكانيكية للنقل الشخصي في التاريخ.

يمكن لهذه السيارات أن تكون، وفقًا للمُسمَّى، ذكية - لكنها غير رشيدة.

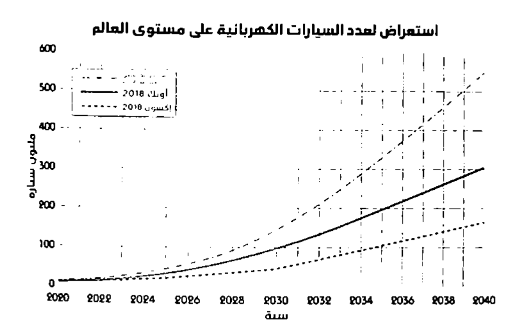
السيارات الكهربائية ليست رائعة كما نظن (حتى الآن).. لماذا؟

دعني أبدأ بتنويه: أنا لا أروج للمركبات الكهربائية ولا أشوه سمعتها، ولكنني ببساطة ألاحظ أن الحجة المنطقية لتقبلها قد أضعفتها التوقعات غير الواقعية للسوق وإغفال الآثار البيئية التي ينطوي عليها إنتاج وتشغيل مثل هذه المركبات.

لطالما كانت التوقعات غير الواقعية، ولا تزال، عرفًا سائدًا، ففي عام 2010، توقع البنك الألماني أن المركبات الكهربائية ستمثل 11 % من السوق العالمية بحلول عام 2020 - إلا أنها في الحقيقة ستمثل نسبة أقل من 4 %. وما زال الأمل ينتصر على الخبرة، فقد أشارت التوقعات الأخيرة لعام 2030 إلى أن المركبات الكهربائية إما أن تمثل حتى 20 % من أسطول السيارات العالمي، وإما أن تمثل نسبة ضئيلة تبلغ 2 %. وحسب تقديرات مركز بلومبرج نيو إنيرجي فينانس ستكون هناك 548 مليون مركبة كهربائية على الطريق بحلول عام 2040، بينما ستكون هناك 162 مليون مركبة فقط حسب تقديرات شركة إكسون.

كذلك تغافل المتحمسون للمركبات الكهربائية عن ذكر العواقب البيئية للتحول واسع النطاق إلى هذه المركبات، فإذا كانت المركبات الكهربائية تقلل من انبعاثات الكربون (ومن ثم تقلل مدى الاحتباس الحراري)، ينبغي ألا يتم شحن بطارياتها بالكهرباء التي يتم توليدها من

احتراق أشكال الوقود الأحفوري المُتنوِّعة. بينما في عام 2020 سيتم توليد أكثر من 60 % من الطاقة الكهربائية في العالم من الوقود الأحفوري، ونحو 12 % من طاقتيّ الرياح والشمس، والبقية من الطاقة المائية والانشطار النووي.



كمتوسط دولي، ما زال أكثر من ثلاثة أخماس الكهرباء المُستخدمة في تشغيل المركبات الكهربائية يتم توليدها من الكربون الأحفوري، لكن تتباين هذه النسبة كثيرًا من بلدٍ لآخر وحتى داخل حدود البلد الواحد. فالمركبات الكهربائية في مسقط رأسي بمقاطعة مانيتوبا بكندا (حيث يتم توليد أكثر من 99 % من الكهرباء من محطات الطاقة المائية الكبيرة) هي مركبات هيدروجينية نظيفة. كما تقترب مدينة كيبك بكندا من هذه النسبة (فنحو 97 % من الكهرباء تأتي من الطاقة الكهرومائية) وأيضًا النرويج (نحو 95 % من الكهرباء كذلك). وتعتمد المركبات الكهربائية الفرنسية بشكلٍ كبير على الانشطار النووي (إذ يحصل البلد على نحو

75 % من الكهرباء من الانشطار النووي)، لكن في معظم أنحاء الهند (في أتر براديش على وجه التحديد)، والصين (في محافظة شنشي على وجه التحديد)، وبولندا، تعتمد المركبات الكهربائية بدرجة كبيرة على الفحم في شحن بطارياتها. إن آخر ما نحتاج إليه هو التعجيل بصناعة مصدر للطلب يتطلب مزيدًا من الكهرباء التي يتم توليدها اعتمادًا على مصادر الوقود الأحفوري.

وحتى إذا كانت المركبات الكهربائية تُدار جميعًا بالمصادر المُتجدِّدة للطاقة الكهربائية، ستظل الغازات الدفيئة تنبعث خلال عملية تصنيع الأسمنت والفولاذ لبناء السدود الكهرومائية، وتوربينات الرياح، والألواح الضوئية، وبالطبع خلال عملية تصنيع السيارات نفسها (اقرأ أيضًا ما الأكثر إضرارًا بالبيئة - سيارتك أم هاتفك المحمول؟ صفحة 296).

ستكون هناك أيضًا آثار بيئيةٌ أخرى لتصنيع المركبات الكهربائية، حيث تُقدِّر شركة آرثر دي ليتل للاستشارات الإدارية - بفرض أن دورة حياة المركبة 20 سنة - أن تصنيع مركبة كهربائية ينتج عنه ثلاثة أضعاف السموم الناتجة عن المركبة التقليدية. ويرجع هذا غالبًا إلى الاستخدام الأكبر للمعادن الثقيلة. وبالمثل، أشار تحليل مُقارَن مُفصَّل لدورة حياة السيارة، نُشر في مجلة *Industrial Ecology*، إلى أن تصنيع المركبات الكهربائية ينطوي بشكلٍ أساسي على كمية أكبر من السموم التي تضر بكلٍ من البشر والأنظمة البيئية للمياه العذبة.

لا أقصد أن الأمور التي ذكرتها حُجج مناهضة لتبني المركبات الكهربائية، ولكنني فقط أشير إلى ضرورة تقدير وفهم ما تنطوي عليه هذه التكنولوجيا الحديثة قبل أن نتقبَّل أية مزاعم حماسية مؤيدة لها. فلا ينبغي لنا ببساطة أن نتخيَّلها آلات مثالية غير مُسبِّبة للتلوث.

متى بدأ عصر الطائرة النفّاثة؟

من الصعب أن نحدد تاريخ بداية عصر الطائرة النفّاثة؛ لأنه كان هناك الكثير من «البدايات» المختلفة، فأول إقلاع تجريبي لطائرة تعمل بمحرك نفّاث كان لطائرة حربية، الطائرة الألمانية هاينكل هي 178، في أغسطس من عام 1939 (ومن عناية الله بنا أنها دخلت الخدمة في وقت متأخر جداً بحيث لم يكن لها تأثير في الحرب العالمية الثانية). وكانت المرّة الأولى التي تُحلّق فيها أول طائرة بتصميم تجاري، الطائرة البريطانية دي هافيلاند دي إتش 106 كومت، في يوليو من عام 1949، وكانت أولى رحلاتها التجارية التابعة لشركة الخطوط الجوية البريطانية لما وراء البحار في عام 1952. لكن وقعت أربع كوارث (في أكتوبر 1952 بالقرب من روما، وفي مايو 1953 في كالكوتا، وفي يناير 1954 مرةً أخرى بالقرب من روما، وفي إبريل 1954 بالقرب من نابولي) منعت أسطول كومت من الطيران، وحلّقت طائرة مُعدَّلة التصميم لأول مرة عبر المحيط الأطلنطي في 4 أكتوبر من عام 1958، حيث دخلت الطائرة السوفيتية توبوليف تو104 - الخدمة الوطنية في تلك الأثناء في سبتمبر من عام 1956.

لكن يمكنك الادعاء بقوة بأن عصر الطائرة النفّاثة قد بدأ في 26 أكتوبر من عام 1958 عندما أقلعت طائرة من طراز بوينج 707 تابعة لخطوط بان أميريكان العالمية من مطار آيدلوايلد (مطار جون

إف كينيدي الدولي حاليًّا) إلى باريس في أول رحلة من جدول رحلاتها اليومية.

تُبرِّر العديد من الأسباب هذا الاختيار. فقد كانت الطائرة كومت التي أُعيد تصميمها صغيرة جدًّا وغير مُربحة بما لا يسمح بإطلاق سلالة من تصميمها. كما أنها لم تَخلفها أية نماذج، وفي ذلك الوقت، كانت الطائرة توبوليف تُستخدم فقط من قبل دول الاتحاد السوفيتي. ورغم ذلك استطاعت الطائرة بوينج 707 إطلاق تصميم العائلة الأنجح في هذا المجال، ذلك التصميم الذي ظل يتطوَّر دون توقُّف عن طريق إضافة 10 نماذج أخرى لتشكيلته المُتنوِّعة.



انطلاق أولى رحلات الطائرة بوينج 707

كانت الطائرة بوينج 727 ذات المحركات الثلاثة هي أول نموذج تالٍ في عام 1963، ويعد النموذج 747 ذو الأربعة محركات، الذي قُدِّم

في عام 1969، التصميم الأكثر ثوريةً في عصر الملاحة الجوية الحديث. أما الإضافة الأخيرة، فكانت سلسلة طائرة الأحلام 787 التي ظهرت في عام 2011، فمعظمها مصنوع من مُكوِّنات من ألياف الكربون وهي قادرةٌ الآن على الطيران في مسارات أطول من 17 ساعة.

للطائرة 707 أصل عسكري: بدأت الطائرة كنموذج أولي للطائرة القادرة على التزوُّد بالوقود جوًّا، وأدّى مزيد من التطور إلى ظهور الطائرة بوينج كيه سي135- وأخيرًا إلى طائرة رُكَّاب ذات أربعة محركات تعمل بمحركات نفَّاثة توربينية صغيرة القطر من تصنيع شركة برات آند ويتني، يعمل كل منها بمقدار قوة دافعة 50 كيلو نيوتن. وبالمقارنة، نجد أن كلًّا من مُحركي التوربو المروحيّين ذويّ نسبة الالتفافيّة العالية من شركة جنرال إلكتريك وطراز جي إي إن إكس المُستخدمين في تشغيل الطائرة بوينج 787 المستخدمة حاليًّا يُحقِّق أكثر من 300 كيلو نيوتن عند الإقلاع.

كانت أول رحلة مُجدوَلة للطائرة 707 *كليبر أميريكا* في 26 أكتوبر من عام 1958، قد سُبِقَت باحتفالية، وكلمة لـ«خوان تريب» (رئيس شركة خطوط بان أميريكا العالمية في ذلك الوقت)، واستعراض من قبل فرقة جيش الولايات المتحدة. وقد اضطُر الرُّكَّاب الـ111 وأفراد طاقم العمل الـ12 إلى التوقف المفاجئ في مطار جاندر الدولي في نيوفاونلاند بكندا، لكنهم رغم ذلك استطاعوا الهبوط في مطار باريس لو بورجيه بعد 8 ساعات و41 دقيقة من مغادرة نيويورك. وبحلول ديسمبر كانت الطائرة تُحلِّق في مسار نيويورك- ميامي، وفي يناير من عام 1959 بدأت أولى رحلاتها العابرة للقارات من نيويورك إلى لوس أنجلوس.

قبل ظهور الطائرات ذات البدن الواسع - أولًا بوينج 747، ثم ماكدونل دوجلاس دي سي10-، ولوكهيد إل1011- عام 1970 - كانت

الطائرة بوينـج 707 هـي الطائـرة النفاثـة المُهيمنـة التي تقطـع مسـافات طويلـة، وقـد أتيـت أنـا وزوجتي على متنهـا من أوروبا إلـى الولايات المتحدة في عـام 1969.

نتـج عـن التطـوُّر التدريجـي فـي عائلـة بوينـج طائـرة شاسـعة رفيعـة المستوى. حيـث تمكنـت أول طائـرة مـن طـراز طائـرة الأحـلام ذات المُستويين القياسيّين (درجة رجـال الأعمـال والدرجة الاقتصادية) من نقـل عـدد أكبـر مـن العـدد الـذي تنقلـه الطائـرة 707-120 بأكثـر من 100 راكب تقريبًا، بوزن إقلاع أقصـى نحو الضعف ومدى أقصى نحو الضعف. ورغم ذلك تستهلك طائـرة الأحلام وقودًا أقل بنسبة 70 % لكل راكب في الكيلومتر الواحـد. ونظـرًا إلـى مُكوِّناتها الكربونية؛ يمكن للطائرة 787 أن تُضغَط للتحليق علـى ارتفـاع أقل ممـا يسـمح بـه هيـكل الطائـرة المصنـوع مـن الألومنيـوم؛ مـا ينتـج عنـه شـعور الرُكّاب بدرجة أكبر من الراحة.

أخيـرًا، صنّعـت شـركة بوينـج مـا يزيـد قليـلًا على ألف طائـرة من طراز 707، وعندمـا أتـت شـركة خطـوط بـان أميريكا بالطائرة بعد توقُّفها عـن العمل لتُحلِّق فـي رحلـة تذكاريـة بمناسـبة الذكرى الـ 25 في عـام 1983، حلّقـت الطائـرة بمعظـم أفـراد طاقمهـا الأصلـي كرُكّاب إلـى باريس. لكن هـذه لـم تكـن نهايـة خدمـة الطائـرة 707، فقـد شـغّل عـدد مـن خطـوط الطيـران غيـر الأمريكيـة أطـرزة مختلفـة حتـى تسـعينيات القـرن الـ 20، كمـا فعلـت شـركة سـاها إيرلاينـز لخطـوط الطيـران حتـى عـام 2013.

ورغـم أنـه لا يمكـن العثـور على الطائرة بوينـج 707 اليوم إلا في باحات خـردة الطائـرات النفّاثـة، فـإن مكانـة الطائـرة في التاريخ تظل محفوظة، إذ تُمثِّل الخطـوة الأولـى الأكثـر فاعليـة والأكثر جدوى نحو تطور الطائرات النفّاثة التجارية.

لماذا يُعد الكيروسين هو الملك؟

إن التخلُّص من الطائرات النفاثة التي تعتمد في وقودها على الكيروسين سيكون واحدًا من أعظم التحديات في بناء عالم جديد خالٍ من انبعاثات الكربون، حيث يُمثِّل الطيران الجوي 2% فقط من كمية هذه الانبعاثات على مستوى العالم ونحو 12% من إجمالي الانبعاثات التي يتسبب فيها قطاع النقل، إلا أن التحوُّل إلى المحركات الكهربائية أصعب كثيرًا بالنسبة للطائرات مقارنةً بالسيارات والقطارات.

إن الوقود المستخدَم حاليًا في الطائرات النفاثة - ويُسمَّى النوع الأكثر شيوعًا منه جيت إيه ا - يتمتع بعدد من المزايا، فهو يتمتع بكثافة طاقة عالية جدًّا، لكونه يُطلق 42.8 ميجا جول لكل كيلوجرام (وهذا أقل بدرجة طفيفة من الجازولين، لكن ما زال يمكنه الاحتفاظ بصورته السائلة حتى درجة حرارة 47 مئوية)، كما أنه يتفوَّق على الجازولين من حيث التكلفة، وما يُفقَد بالتبخير عند مستويات الارتفاع العالية، وخطر الحرائق في أثناء التعبئة، وليس له منافس حقيقي حتى الآن، فما زالت البطاريات ذات السعة الكبيرة التي تكفي الرحلات العابرة للقارات والتي تُقل مئات المسافرين ضربًا من ضروب الخيال العلميّ، ولن نرى الطائرات واسعة البدن التي تعمل بالهيدروجين السائل عمَّا قريب.

إن ما نحتاج إليه هو وقودٌ مكافئٌ للكيروسين يُستخرج من النباتات أو النفايات العضوية؛ حيث لن يُطلِق هذا الوقود النفاث العضوي في أثناء

احتراقه كمًّا من ثاني أكسيد الكربون أكبر مما تمتصه النباتات في أثناء نموها. وقد ظهر الدليل على هذا المبدأ: فمنذ عام 2007. بدت الرحلات التجريبية التي يتم فيها تزويد الطائرات بمزيج من الوقود النفّاث جيت إيه1 - والوقود النفاث العضوي مناسب كبديل للطائرات الحديثة.

ركاب خطوط الطيران والوقود النفاث:
التاريخ والتوقعات

سنة	ركاب (مليارات)	وقود نفاث (كيروسين، مليار لتر)
1980	0.64	135
1990	1.03	212
2000	1.67	262
2010	2.8	300
2015	3.5	306
2019	4.5	423
2037 (توقع)	8.2	
2040 (توقع)		522

ركاب (مليارات)
وقود نفاث (كيروسين، مليار لتر)

في ذلك الوقت، استخدمت نحو 150.000 رحلة طيران الوقود الممزوج، لكن هناك 5 مطارات رئيسية فقط هي التي يتم فيها توزيع الوقود النفاث العضوي بشكل منتظم (أوسلو، وستافانجر، وستوكهولم، وبريزبن، ولوس أنجلوس). وهناك مطارات أخرى تُقدِّمه من حينٍ لآخر. ويُعد استخدام الوقود العضوي من قبل أكبر خطوط الطيران الأمريكية، (يونايتد)، مثالًا رائعًا على ما يلزم من استبدال على نطاق واسع: لن يوفِّر عقد الشركة مع مُورِّد الوقود النفاث العضوي إلا نسبة 2 % فقط من الاستهلاك السنوي لشركة الطيران من الوقود. صحيح أن طائرات الرُّكَّاب اليوم أصبحت اقتصادية بدرجة متزايدة: فهي الآن تحرق وقودًا أقل بنحو 50 % لكل راكب في كل كيلومتر عما كانت تفعل سابقًا عام 1960، لكن تلك الكميات التي يتم توفيرها قد اختفت بفعل التوسُّع المستمر للطيران الجوي، الذي رفع مُعدَّل الاستهلاك السنوي للوقود النفاث لأكثر من 250 مليون طن على مستوى العالم.

ولتلبية هذا الاحتياج الكبير والاستعاضة عنه بالوقود النفاث العضوي، سيكون علينا تجاوز النفايات العضوية والبحث في المحاصيل الموسمية الغنية بالزيت (الذرة، وفول الصويا، والسلجم) أو المحاصيل الزيتية المُعمِّرة (النخيل)، التي قد تتطلب زراعتها مساحات كبيرة وتسبب مشكلات بيئية. وتُعطي المحاصيل الزيتية التي تنمو في المناخ المُعتدل إنتاجًا ضعيفًا نسبيًّا، فبينما ينتج الهكتار من فول الصويا في المتوسط 0.4 طن من الوقود النفَّاث، قد تحتاج الولايات المتحدة إلى حرث 125 مليون هكتار – أي منطقة تفوق مساحتها مساحة تكساس، وكاليفورنيا، وبنسلفانيا مجتمعة، أو أكبر قليلاً من جنوب أفريقيا – لتوفير احتياجها من الوقود النفاث، وهي مساحة أكبر بأربع مرات من مساحة الـ31 مليون هكتار التي خصصها البلد لفول الصويا عام 2019. وحتى الخيار

الأعلى إنتاجًا - النخيل، الذي يُنتج الهكتار الواحد منه في المتوسط 4 أطنان من الوقود النفاث العضوي - سيتطلب أكثر من 60 مليون هكتار من الصحراء الاستوائية لتوفير احتياج العالم من وقود الطيران الجوي، وهو ما قد يستلزم أربعة أضعاف المنطقة المُخصَّصة لزيت النخيل؛ ما ينتج عنه انبعاث الكربون المتراكم بفعل النمو الطبيعي للنبات.

لكن لماذا نلجأ إلى استهلاك مساحات ضخمة من الأرض الزراعية بينما يمكننا استخلاص الوقود النفاث العضوي من الطحالب الغنية بالزيت؟ قد يتطلب الاستزراع المُكثَّف للطحالب على نطاق واسع مساحةً صغيرة نسبيًّا ويوفِّر إنتاجية عالية جدًّا. لكن تُوضِّح تجربة شركة إكسون موبيل كيف أن زيادة عشرات الملايين من الأطنان من الوقود النفاث العضوي كل سنة ستولِّد طلبًا مرتفعًا يصعب تلبيته، فقد بدأت شركة إكسون، بالتعاون مع شركة سينثيتك جينوميكس لمؤسسها «كريج فينتر»، السعي وراء هذا الخيار عام 2009، لكن بحلول عام 2013، بعد إنفاق ما يزيد على 100 مليون دولار، خلصت الشركة إلى أن التحديات كانت هائلة، وقررت إعادة التركيز على الأبحاث الأساسية طويلة المدى.

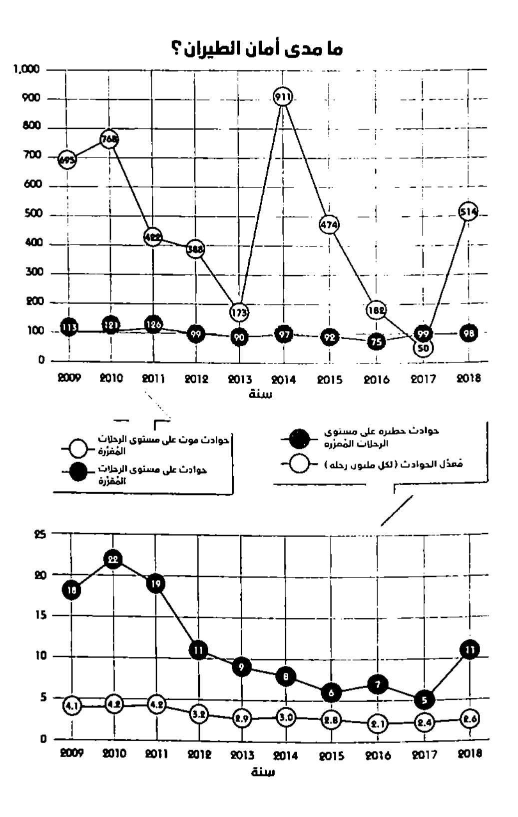
وكالعادة، ربما تصبح مهمة إيجاد بدائل للطاقة أسهل لو قلَّلنا مُعدَّل الاستهلاك من خلال خفض مُعدَّل الطيران، مثلًا، لكن تشير التوقُّعات إلى مزيد من النمو المستمر في حركة الطيران، خاصة في آسيا. فتعوَّد على الرائحة المميزة للكيروسين المُستخدم في الطيران الجوِّي؛ لأن استهلاكه سيستمر لوقت طويل آت، وعلاوةً على ذلك، فهو يُشغِّل الماكينات التي (كما سنرى في الفصل التالي) يُعد طيرانها آمنًا بدرجة استثنائية.

ما مدى أمان الطيران؟

ربما اعتقدتَ أن عام 2014 كان صعبًا فيما يخص الطيران، إذ وقعت 4 حوادث اشتهرت على نطاقٍ واسع: الاختفاء الذي لا يزال غامضًا لرحلة الخطوط الجوية الماليزية (370) في مارس، وإسقاط رحلة الخطوط الجوية الماليزية (17) فوق أوكرانيا في يوليو. وتحطم رحلة الطيران الجزائرية (5017) في مالي، أيضًا في يوليو، مُخلِّفًا إجمالي 815 حالة وفاة، وأخيرًا سقوط رحلة طيران آسيا رقم (8501) في بحر جاوة في ديسمبر من العام نفسه.

لكن حسبما أوردته شركة أسيند، وهي الفرع الاستشاري لشركة فلايت جلوبال التي ترصد حوادث الطيران، فإن عام 2014 في الواقع كان صاحب مُعدَّل الحوادث الأفضل في التاريخ: حادثة واحدة من بين كل 2.38 مليون رحلة جوية، والحقيقة أن شركة أسيند لم تحسب إسقاط رحلة الخطوط الجوية الماليزية 17 - الذي كان بسبب الحرب لا مجرد حادثة، وبتضمين تلك الحادثة أيضًا، مثلما تفعل منظمة الطيران المدني الدولي في إحصائياتها، يرتفع المُعدَّل إلى 3.0 - لكن لا يزال المُعدَّل أدنى كثيرًا منه في الفترة ما بين عامَيّ 2009 و2011.

كما كانت السنوات التالية أكثر أمانًا: انخفض مُعدَّل حوادث الموت الجوية إلى 474 حادثة في 2015، و182 حادثة في 2016، و99 حادثة فقط في 2017. ثم حدث تراجع في 2018 بوقوع 11



ما مدى أمان الطيران؟
1,000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018
سنة
695 768 422 388 173 911 474 182 50 514
113 121 126 99 90 97 92 75 99 98
حوادث موت على مستوى الرحلات المُفرزة
حوادث على مستوى الرحلات المُفرزة
حوادث حطيره على مستوى الرحلات المُمزوه
مُعدّل الحوادث (لكل مليون رحله)
25
20
15
10
5
0
18 22 19 11 9 8 6 7 5 11
4.1 4.2 4.2 3.2 2.9 3.0 2.8 2.1 2.4 2.6
2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018
سنة

حادثة مميتة، مُخلِّفة 514 حالة وفاة (لكنه لا يزال مُعدَّلًا أقل منه في 2014)، من بينها الرحلة 610 ليون إير التي سقطت فيها طائرة بوينج 737 ماكس في البحر قُبالة جاكرتا في أكتوبر. وفي عام 2019، رغم تحطم طائرة أخرى من الطراز نفسه - لكن هذه المرة في إثيوبيا - كان إجمالي عدد الحوادث المميتة نصف عدد الحوادث التي وقعت في عام 2018.

وعلى أية حال، من الأفضل أن نضفي الطابع الشخصي على المشكلة من خلال النظر إليها من حيث الخطر لكل راكب لكل ساعة من رحلة الطيران، والبيانات الضرورية موجودة في تقرير السلامة السنوي الذي تُعده منظمة الطيران المدني الدولي، ويغطي التقرير طائرات الرُّكَّاب النفاثة، وكذلك طائرات الرُّكَّاب المحلية الأصغر.

في عام 2017، الذي يعد حتى الآن العام الأكثر خلوًّا من الحوادث في مجال الطيران التجاري، نقلت الرحلات المحلية والدولية 4.1 مليار مسافر وغطَّت مسافة 7.69 تريليون راكب لكل كيلومتر، مع وقوع 50 حادثة فقط سببت وفيات. وفي ظل كون متوسط زمن رحلة الطيران 2.2 ساعة، فإن هذا يعني نحو 9 مليارات راكب في الساعة، و5.6 × 10-9 حادثة موت لكل فرد لكل ساعة في الجو. لكن ما مدى انخفاض هذا الخطر؟

إن عصا القياس الواضحة هنا هي مُعدَّل الوفيات العام - أي معدل الوفاة السنوي لكل 1000 شخص؛ حيث يتراوح هذا المُعدَّل الآن في الدول الغنية بين 7 و11، لذلك سأستخدم المُعدَّل 9 كمتوسط. فبما أن عدد الساعات في السنة الواحدة 8760 ساعة، يُقسَّم متوسط الوفيات هذا إلى 0,000001 أو 1×10^{-6} وفاة لكل فرد لكل ساعة من الحياة؛ وهو ما يعني أن متوسط الفرصة الإضافية للوفاة في أثناء الطيران هو فقط 1000/5 من خطر البقاء على قيد الحياة. وتعد مخاطر التدخين

أعلى من هذا المُعدَّل بـ100 مرة، وكذلك قيادة السيارة، وباختصار فإن الطيران لم يكُن يومًا أكثر أمانًا مما هو الآن.

ومن الواضح أن مُعدَّل الوفيَّات حسب العمر بالنسبة لكبار السن أعلى كثيرًا، فبالنسبة لمن هم في نفس سني (أكثر من 75 سنة) يكون هذا المُعدَّل نحو 35 لكل 1000 أو 4 × 10−6 لكل ساعة (وهذا يعني أنه من بين كل مليون شخص منا، سيموت 4 أشخاص في كل ساعة). وفي عام 2017، سافرتُ جوًّا مسافة أكثر من 100,000 كيلومتر، وقضيت أكثر من 100 ساعة في الجو على متن طائرات نفاثة كبيرة مملوكة لأربع شركات طيران كبرى كانت آخر حوادثها المميتة، بالترتيب، في الأعوام 1983، و1993، و1997، و2000. وفي كل ساعة قضيتها في الجو لم تكن احتمالية موتي أعلى بنسبة 1% حتى مما يمكن أن تكون لو بقيت على الأرض.

ولا شك في أنني قد مررت بلحظات عصيبة، كانت آخرها في أكتوبر عام 2014، عندما توجَّهت الطائرة بوينج 767 التابعة لطيران كندا التي كنتُ على متنها صوب الحواف العاصفة لإعصار ضخم كان يمر فوق اليابان.

لكنني لا أنسى أبدًا أن غرف المستشفيات الهادئة هي ما يجب على المرء فعلًا أن يتجنبه، ورغم أن التقييمات الأخيرة للأخطاء الطبية التي يمكن تجنُّبها قد خفَّضت إلى حد كبير الادعاءات السابقة المُبالغ فيها حول هذا الخطر، تظل حالات الإلحاق بالمستشفى مرتبطة بالتعرُّض الزائد للبكتيريا والفيروسات؛ ما يزيد من خطر الإصابة بالعدوى التي يتم التقاطها من المستشفى، خاصةً بين كبار السن. فاستمروا في الطيران، وتجنَّبوا المستشفيات!

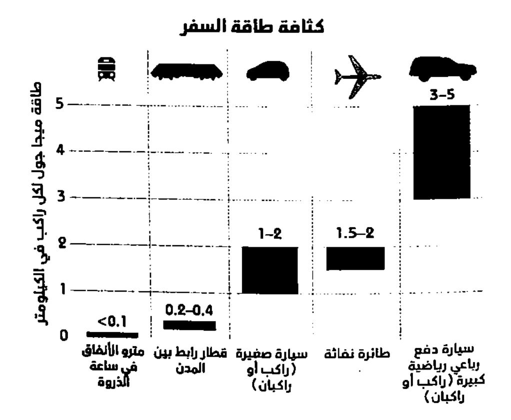
ما الأكثر كفاءة من حيث الطاقة: الطائرات، أم القطارات، أم السيارات؟

ليست هناك عداوة بيني وبين السيارات أو الطائرات. وقد اعتمدت لعقود على السفر المحلي على متن عدد من سيارات هوندا سيفيك الجديرة بالثقة، كما سافرتُ جوًّا لسنوات عبر القارات قاطعًا على الأقل مسافة 100,000 كيلومتر سنويًّا. وبين هاتين الحالتين المُتناقضتين - القيادة إلى متجر للطعام الإيطالي، ورحلة طيران من وينيبيج إلى طوكيو- كانت السيارات والطائرات هي الأفضل.

إن كثافة الطاقة هي المفتاح، فعندما أكون الراكب الوحيد في سيارتي من طراز سيفيك، يتطلب الأمر نحو 2 ميجا جول لكل راكب في الكيلومتر لقيادة السيارة في المدينة. أضِف راكبين آخرين، وسوف ينخفض هذا العدد إلى 1 ميجا جول لكل راكب في الكيلومتر، مقارنة بالحافلة نصف الشاغرة. وتُعد طائرات الرُّكَّاب النفاثة على درجة مذهلة من الكفاءة، وتتطلب عادةً نحو 2 ميجا جول لكل راكب في الكيلومتر، وفي الرحلات كاملة العدد، ومع توافر أحدث تصميمات الطائرات، يمكنها أن تفعل ذلك بأقل من 1.5 ميجا جول لكل راكب في الكيلومتر. أما قطارات النقل العام فهي طبعًا أفضل من هذا كثيرًا: مع حمولة الرُّكَّاب العالية، يحتاج أفضل قطارات مترو الأنفاق إلى أقل من 0.1 ميجا جول لكل راكب في الكيلومتر، لكن حتى في طوكيو، ذات الشبكة الكثيفة من خطوط

القطارات، قد تكون أقرب محطة على بُعد أكثر من كيلومتر، وهي مسافة بعيدة جدًّا على كثير من الأشخاص الأقل قدرةً على الحركة.

لكن لا يمكن لأي من وسائل النقل هذه أن تعادل كثافة طاقة القطارات فائقة السرعة التي تربط بين المدن، وعادةً ما تقطع مسافة تتراوح بين 150 إلى 600 كيلومتر. وكانت كثافة طاقة الطُّرُز الأقدم من القطار الياباني الرائد فائق السرعة، *شينكانسن* (أي «خط رئيسي جديد»)، نحو 0.35 ميجا جول لكل راكب في الكيلومتر، بينما تحتاج الكثير من تصميمات القطارات السريعة الأحدث عادة - كالقطار الفرنسي تي جي في والقطار الألماني آي سي إي - 0.2 ميجا جول لكل راكب في الكيلومتر فقط. وهي قيمة أقل من القيمة الموجودة في الطائرات بأضعاف كثيرة.



وعلى الدرجة نفسها من الأهمية، نجد أن القطارات فائقة السرعة سريعة للغاية بالفعل، فعلى سبيل المثال يُغطّي قطار ليون-مارسيليا الفرنسي فائق السرعة 280 كيلومترًا في زمن 100 دقيقة، من وسط المدينة هذه إلى وسط المدينة الأخرى. وعلى العكس، فإن زمن الرحلة الجوية التجارية المُقرَّرة لنفس المسافة تقريبًا - 300 كيلومتر من مطار لاجوارديا بنيويورك إلى مطار لوجان ببوسطن - هو 70 دقيقة. ومن ثم يكون عليك إضافة 45 دقيقة أخرى على الأقل لتسجيل الوصول، و45 دقيقة للركوب من مانهاتن إلى لاجوارديا، و15 دقيقة للركوب من لوجان إلى وسط مدينة بوسطن؛ ما يرفع إجمالي المدة الزمنية إلى 175 دقيقة.

وفي العالم المنطقي - ذلك الذي يُقدِّر الراحة، والوقت، وكثافة الطاقة المنخفضة، والتحوُّلات منخفضة الكربون - قد يكون القطار الكهربائي فائق السرعة هو الخيار الأول دومًا لقطع مثل هذه المسافات، فأوروبا مثلًا تعتمد على القطار بشكل طبيعي، وقد اتخذتْ هذا القرار بالفعل، ورغم أن الولايات المتحدة وكندا تفتقران إلى كثافة السكان التي تُبرِّر هذه الشبكات الكثيفة من الخطوط، فإنهما تضمان الكثير من المدن التي تناسبها القطارات السريعة، لكن ليست هناك أية قطارات سريعة في أي من تلك المدن التي تتحرك الرحلات فيما بينها، إلا أن مسار أسالا المملوك لشركة أمتراك لرُكَّاب السكك الحديدية، والذي يربط بين بوسطن وواشنطن العاصمة، يستغرق مدة طويلة، حيث يبلغ متوسطه 110 كم/ساعة فقط.

ويجعل هذا من الولايات المتحدة (وكذلك كندا وأستراليا) أبرز المتقاعسين عن النقل بالقطار السريع، لكن في وقت من الأوقات كانت لدى أمريكا أفضل القطارات في العالم، ففي عام 1934، أي بعد 11

ما الأكثر كفاءة من حيث الطاقة: الطائرات، أم القطارات، أم السيارات؟

عامًا من إصدار شركة جنرال إلكتريك لأول قاطرة تعمل بمحرك ديزل، بدأت سكة حديد شيكاغو، وبرلنجتون، وكوينسي تشغيل قطارها الانسيابي المصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ بيونير زيفير، بقوة 600 حصان (447 كيلووات)، والذي يعمل بمحرك ديزل كهربائي ثُماني الأسطوانات، وثنائي الأشواط. وقد مكَّنت هذه القوة القطار زيفير من التفوق على سرعة أسالا اليوم، بمتوسط 124 كم/س لمسافة أكثر من 1600 كيلومتر من دنفر إلى شيكاغو. لكن ليس هناك اليوم أملٌ مقبول من الناحية المنطقية في لحاق الولايات المتحدة بالصين، فبقطارها فائق السرعة، الذي يقطع مسافة 29,000 كيلومتر أصبح هذا البلد الآن يملك شبكة القطارات السريعة الأطول في العالم، التي تربط كل المدن الرئيسية في نصفها الشرقي المُكدَّس بالسكان.

الطعام..

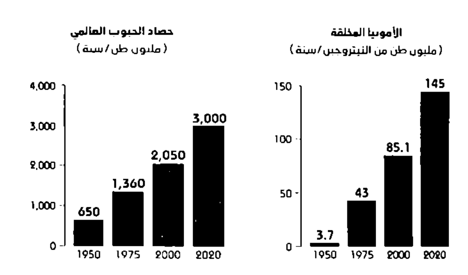
تزويد أنفسنا بالطاقة



العالم من دون الأمونيا المُخلَّقة

مع اقتراب نهاية القرن الـ 19، أوضحت الإنجازات التي تم تحقيقها في مجالي الكيمياء وفيسيولوجيا النبات أن النيتروجين هو المُغذِّي الأكبر الأهم (فهو عنصر نحتاج إليه بكميات كبيرة نسبيًّا) في زراعة المحاصيل، وتحتاج النباتات أيضًا إلى الفسفور والبوتاسيوم (المُغذِّيين الكبيرين الآخرين) والعديد من المُغذِّيات الدقيقة (وهي عناصر تتنوع ما بين الحديد والزنك، وكلها لازمة بكميات صغيرة). فالحصاد الجيد من القمح الهولندي (9 أطنان لكل 2471 فدانًا) يحتوي على 10 % من البروتين أو 140 كيلوجرامًا من النيتروجين، لكنه يحتوي فقط على نحو 35 كيلوجرامًا من كل من الفسفور والبوتاسيوم.

وقد كان المزارعون التقليديون يوفِّرون الكمية اللازمة من النيتروجين بطريقتين: بإعادة تدوير أية مواد عضوية متاحة (القش، أو سيقان النباتات، أو أوراق النباتات، أو الفضلات البشرية أو الحيوانية) وبتدوير محاصيل الحبوب أو المحاصيل الزيتية والنباتات البقلِّية (كالبرسيم الحجازي، والنفل، والبيقية، ومحاصيل الطعام كفول الصويا، والفاصوليا، والبازلاء، والعدس)، فهذه النباتات قادرة على توفير احتياجاتها من النيتروجين ذاتيًّا؛ لأن البكتيريا التي تعيش على جذورها يمكنها «تثبيت» النيتروجين (أي تحويله من جزيء خامل في الهواء إلى عنصر الأمونيا اللازم لنمو النباتات) كما أنها توفِّر بعضًا منه للمحصول التالي، سواء كان المحصول من الحبوب أو المحاصيل الزيتية.



كان الخيار الأول مُجهدًا، خاصةً مع ما يتضمنه من عملية جمع الفضلات البشرية والحيوانية وتخميرها وإضافتها للتربة، لكن الأسمدة العضوية والتربة الليلية تحتوي على كمية كبيرة نسبيًّا من النيتروجين (عادةً ما تكون نسبة 1-2 %) مُقارنة بنسبة 0.5 % من النيتروجين الموجودة في القش أو سيقان النباتات. بينما يتطلب الخيار الثاني تدوير المحاصيل، ويمنع الزراعة الدورية لمحاصيل الغذاء الرئيسي، سواءٌ كانت أرزًا أو قمحًا، ومع ازدياد الحاجة إلى هذه المحاصيل في ظل ارتفاع مُعدَّلات الكثافة السكانية (والعُمران)، صار واضحًا أن المزارعين لن يستطيعوا توفير احتياجات الطعام في المستقبل دون مصادر جديدة مُخلَّقة من النيتروجين «المُثبَّت» – وهو النيتروجين المتوافر في صورة يمكن للمحاصيل النامية استغلالها.

وقد تكلَّلت الجهود المبذولة في هذا المجال بالنجاح بحلول عام 1909، وذلك عندما أثبت «فريتز هابر»، أستاذ الكيمياء بجامعة كارلسروه، كيف يمكن تصنيع الأمونيا (NH_3) تحت الضغط العالي

والحرارة العالية في وجود عامل مُحفِّز معدني، لكن الحرب العالمية الأولى والأزمة الاقتصادية التي حدثت في ثلاثينيات القرن الـ 20 أبطأت من تبنّي العالم لعملية هابر-بوش، لكن الاحتياج إلى الطعام من قبل الأعداد المتزايدة من السكان في العالم (من 2.5 مليار نسمة في 1950 إلى 7.75 مليار نسمة في 2020) ضمن زيادة كميات الطعام على نطاق هائل. من أقل من 5 ملايين طن في عام 1950 إلى نحو 150 مليونًا في السنوات الأخيرة. ومن دون هذه الإنتاجية المحورية ستستحيل مضاعفة محاصيل الغذاء الرئيسي (انظر مضاعفة إنتاجية القمح، صفحة 214) وإطعام سكان العالم اليوم.

وتوفّر حاليًا الأسمدة النيتروجينية الصناعية المُستمدّة من الأمونيا المُخلّقة بفعل عملية هابر-بوش (اليوريا الصلبة هي المنتج الأشهر) نحو نصف إجمالي كمية النيتروجين اللازمة للمحاصيل على مستوى العالم، بينما يتم توفير الكمية الباقية عن طريق تدوير المحاصيل البقليّة، وإعادة تدوير المواد العضوية (الأسمدة العضوية وبقايا المحاصيل)، والترسُّب الجوي. ونظرًا لأن المحاصيل الآن توفّر نحو 85 % من البروتين الغذائي (بينما تغطي الأطعمة العُشبية والبحرية النسبة المتبقية)، فهذا يعني أنه من دون الأسمدة النيتروجينية الصناعية، لا يمكننا توفير ما يكفي من الغذاء للأنظمة الغذائية السائدة لأكثر من 3 مليارات نسمة - أي أكثر من التعداد السكاني للصين (حيث يوفّر النيتروجين المُخلّق بالفعل ما يزيد على 60 % من الإسهام الكلي له) والهند مجتمعتين. وفي ظل تزايد أعداد السكان في أجزاء من آسيا وإفريقيا كلها، سرعان ما سترتفع نسبة البشر المُعتمدين على النيتروجين المُخلّق إلى 50 %.

ولا تزال الصين تُصنِّع بعض الأمونيا باستخدام الفحم كمادة خام للتغذية، بينما في البلدان الأخرى تقوم عملية هابر- بوش على استخلاص

النيتروجين من الجو والهيدروجين من الغاز الطبيعي (CH_4 غالبًا)، كما يتم استخدام الغاز لتوفير المتطلبات الهائلة للطاقة والتي تستلزمها عملية التخليق. ونتيجةً لهذا، صارت الآن عملية تخليق الأمونيا على مستوى العالم وما يترتب عليها من إنتاج، وتوزيع، وإضافة الأسمدة النيتروجينية الصلبة والسائلة مسئولة عن 1% تقريبًا من انبعاثات الغازات الدفيئة. وليس لدينا أي بديل تجاري غير كربوني يمكن تسخيره عمًّا قريب على النطاق الضخم المطلوب لصناعة ما يقرب من 150 مليون طن من الأمونيوم في السنة.

ولعل ما يثير القلق حاليًّا بصورة أكبر هو ما يتم فقدانه من كميات كبيرة من النيتروجين (بفعل عمليات التطاير، والترشيح، ونزع النيتروجين) نتيجة استخدام المُخصِّبات. كما تُلوِّث النيترات المياه العذبة والأجزاء الساحلية من البحار (ما يؤدي إلى زيادة المناطق الميتة)، حيث يرفع الترسيب الجوي للنيترات مستوى حمضية الأنظمة البيئية الطبيعية، كما يُعد أكسيد النيتروس (N_2O) الآن ثالث أهم الغازات الدفيئة بعد ثاني أكسيد الكربون والميثان. وقد خلص أحد التقييمات الدولية الحديثة إلى أن كفاءة استخدام النيتروجين قد تضاءلت بالفعل منذ مطلع ستينيات القرن الـ 20 إلى نحو 47%: إذ فُقِد أكثر من نصف السماد المُستخدم بدلًا من انتفاع المحاصيل منه.

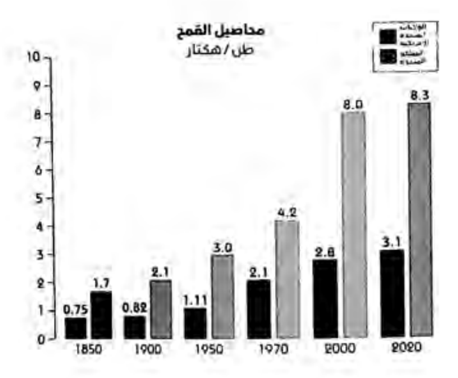
ويمكن تغطية احتياج الدول الغنية إلى النيتروجين المُخلق، لكن ستكون هناك حاجة إلى زيادات كبيرة منه لإطعام نحو ملياري إنسان سيولد على مدار السنوات الـ50 التالية في إفريقيا، وللحد من نقص النيتروجين مستقبلًا، ينبغي علينا فعل ما كل ما بوسعنا لرفع كفاءة التخصيب، وتقليل هدر الطعام (انظر الهدر العالمي الضخم غير المُبرَّر للطعام، صفحة 218)، وتبني منهجية استهلاك متوسطة للحوم (انظر

ترشيد أكل اللحم، صفحة 240). لكن حتى هذه الأساليب كلها لن تقضي على نقص النيتروجين بالكامل - إلا أنها الضريبة التي علينا دفعها نتيجة ارتفاع الكثافة السكانية في العالم من 1.6 مليار نسمة في عام 1900 إلى 10 مليارات نسمة بحلول عام 2100.

مضاعفة إنتاجية القمح

ما متوسط إنتاجية القمح في وسط فرنسا، أو شرق كنساس، أو مقاطعة خبي الصينية؟ إنَّ من يعرفون الإجابة هم عددٌ ضئيل من الناس، بالإضافة إلى المزارعين، وأولئك الذين يورِّدون لهم الآلات والمواد الكيماوية، والمهندسين الزراعيين الذين يدلون بمشورتهم. والعلماء الذين يُطوِّرون الأنواع الجديدة من المحاصيل؛ وذلك لأنه لم تعد هناك أي صلة بين جميع ساكني المجتمعات الحديثة عدا نسبة ضئيلة منهم وبين أي شيء يتعلق بزراعة المحاصيل، باستثناء، طبعًا، أكلهم للأطعمة المُعدَّة أساسًا من القمح: كل رغيف مقرمش من الخبز الفرنسي، وكل قطعة كرواسون. وكل شطيرة لحم مقدد، وكل شريحة بيتزا، وكل كعكة مطهوة على البخار (منتو) وكل خيط مُتعرِّج وممدود من المكرونة الصينية *لاميان* المتعرجة والمتمددة.

لكن حتى أولئك الذين يحسبون أنفسهم مُثقفين وذوي معرفة كبيرة، ومَن يمكنهم التعليق على الأداء المُتطوِّر للسيارات أو الإمكانات المتزايدة لأجهزة الكمبيوتر أو الهاتف المحمول، ليست لديهم أية فكرة عن زيادة متوسط محاصيل الغذاء الرئيسي في القرن الـ20 إلى 3 أضعاف، أو 4 أضعاف، أو زيادة بعشرات الأضعاف. ومع ذلك فهذا التضاعف - لا إمكانات الهاتف المحمول أو التخزين السحابي - هو ما أتاح الفرصة لتضاعف الكثافة السكانية في العالم 4 مرات تقريبًا في الفترة ما بين عامي 1900 و2020 ... فما الذي حدث إذن لإنتاجية القمح، الغذاء الأساسي السائد في العالم كله؟



وقد كانت المحاصيل المُعتادة للقمح منخفضة ومتغيرة بدرجة كبيرة، لكن تظل إعادة إرساء التوجُّهات طويلة المدى أمرًا مثيرًا للجدل. وهكذا الحال حتى في التاريخ المُوثَّق جيدًا لإنتاجية القمح الإنجليزية (لنحو ألفية كاملة)، والتي عادةً ما كان يتم التعبير عنها بعائدات الحبوب المزروعة. فبعد الحصاد الفقير، كان ينبغي ادخار حتى 30% من المحصول لاستخدامه كبذور للزراعة في العام التالي، ولم تكن الحصة عادةً أقل من 25 %. وكثيرًا ما كانت مُعدلات الحصاد مطلع العصور الوسطى منخفضةً بقدر 500-600 كيلوجرام لكل هكتار (وهي كمية ضئيلة تعادل 0.5 طن). ولم تنتشر الإنتاجيات التي تصل إلى طن واحد لكل هكتار إلا بحلول القرن الـ 16، وبحلول عام 1850 أصبح

متوسط الإنتاجية نحو 1.7 طن لكل هكتار - أي 3 أضعاف الإنتاجية تقريبًا منذ عام 1300. ثم ظهر مزيج من الإجراءات (تدوير المحاصيل بما في ذلك من تثبيت للنيتروجين بزراعة البقوليات، وتصريف الحقول، والتسميد العضوي المُكثَّف، والأنواع الجديدة من المحاصيل) التي زادت الإنتاجية إلى أكثر من 2 طن لكل هكتار. في الوقت الذي كانت فيه الإنتاجية الفرنسية لا تزال 1.3 طن لكل هكتار فقط، وكانت الحقول الممتدة للسهول الكبرى الأمريكية تنتج فقط نحو طن واحد لكل هكتار (وهكذا كان المتوسط على مستوى البلد حتى عام 1950).

وأتى التطوُّر الحاسم، بعد قرون من التقدم التدريجي البطيء، وذلك بالتزامن فقط مع ظهور سنابل القمح قصيرة الساق. كانت النباتات التقليدية طويلة (تقريبًا بطول الفلاحين الذين كان يرسمهم «بروجل» وهم يجتثونها بالمِحشَّات). وتنتج من القش أكثر مما تنتج من الحبوب بثلاث إلى خمس مرات. وقد تمت زراعة أول سنبلة قمح قصيرة الساق حديثة (استنادًا إلى نباتات شرق آسيا) في اليابان عام 1935؛ حيث تم جلبها إلى الولايات المتحدة بعد الحرب العالمية الثانية، وإعطاؤها إلى المهندس الزراعي «نورمان بورلاوج» في المركز الدولي لتحسين الذرة والقمح بالمكسيك، حيث أنتج فريقه صنفين من القمح شبيه القزم يحققان إنتاجية عالية (ينتجان من الحبوب قدر ما ينتجان من القش) في عام 1962. وحاز «بورلاوج» جائزة نوبل، وحصل العالم على كميات غير مسبوقة من محاصيل القمح.

وفي الفترة ما بين عامي 1965 و2017، زاد المتوسط العالمي لإنتاجية القمح إلى 3 أضعاف تقريبًا، من 1.2 إلى 3.5 طن لكل هكتار، وزاد المتوسط الآسيوي أكثر من 3 أضعاف (من طن واحد إلى 3.3 طن لكل هكتار)، وزاد المتوسط الصيني أكثر من 4 أضعاف (من طن واحد

إلى 5.5 طن لكل هكتار). وزاد المتوسط الهولندي، الذي كان مرتفعًا بالفعل بدرجة استثنائية قبل جيلين، أكثر من الضعف من 4.4 إلى 9.1 طن لكل هكتار! وزاد حصاد القمح العالمي في ذلك الوقت 3 أضعاف، ليصل إلى 775 مليون طن تقريبًا، بينما زادت الكثافة السكانية 2.3 مرة، لترفع متوسط نصيب الفرد من القمح بنسبة 25 % تقريبًا تاركة العالم مؤمَّنًا بمخزون من دقيق القمح لإعداد الخبز الألماني *باورنبورت* (المُعَد من دقيق القمح ودقيق الجاودار)، والشعيرية اليابانية *أودون* (المُعدَّة من دقيق القمح. والقليل من الملح، والماء)، وحلوى *ميل فاي* الفرنسية الكلاسيكية (حيث تُعَد العجينة المورقة اللازمة للحصول على الرقائق من الدقيق، والزبد، والقليل من الماء فقط).

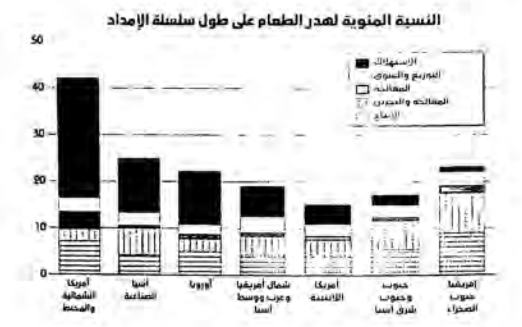
لكن هناك بعض المخاوف، فلم يعد متوسط مُعدَّلات إنتاجية القمح ينخفض في دول الاتحاد الأوروبي وحدها ذات الإنتاجية الأعلى، بل بات ينخفض أيضًا في الصين، والهند، وباكستان، ومصر، وهي دول لا يزال متوسط مُعدَّلاتها أقل من المتوسط الأوروبي، وتتنوع الأسباب ما بين التقييد البيئي على استخدام المُخصِّبات النيتروجينية وحتى عجز المياه في بعض الأقاليم. وفي الوقت نفسه، من المفترض أن تستفيد إنتاجيات القمح من المستويات المرتفعة لثاني أكسيد الكربون في الجو، كما يجب أن تسد تحسينات علم الزراعة بعض فجوات الإنتاجية (الفوارق بين الإنتاجية المُحتملة والإنتاجية الفعلية للإقليم). لكن على أية حال، ربما نحتاج إلى كمية أقل بصورة ملحوظة من القمح إذا تمكنا - في النهاية - من تقليل الهدر الكبير في الطعام، وهو الشيء الذي لا يمكن تبريره.

الهدر العالمي الضخم غير المُبَرَّر للطعام

يهدر العالم الطعام على مستوى لا بد أن يوصف بأنه مُفرِط، ولا يمكن تبريره، وبالنظر إلى كل مخاوفنا الأخرى بشأن حالة البيئة على مستوى العالم وجودة الحياة البشرية، لا يمكن فهمه مُطلقًا. فقد قيَّمت منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة الخسائر السنوية العالمية بنسبة 40-50 % للمحاصيل الجذرية، والفواكه، والخضراوات، و35% للأسماك، و30% لمحاصيل الحبوب، و20% للبذور الزيتية، واللحم، ومنتجات الألبان؛ وهو ما يعني أن ثلث ما يتم حصده على الأقل من الطعام على مستوى العالم يتم هدره.

وهناك أسبابٌ مختلفةٌ لهدر الطعام، ففي الدول الأكثر فقرًا غالبًا ما يكون الهدر بسبب سوء التخزين (حيث تتغذى القوارض، والحشرات، والفطريات على البذور، والخضراوات، والفواكه غير المُخزَّنة جيدًا) أو سوء التبريد (ما يؤدي إلى سرعة تلف اللحوم، والأسماك، ومنتجات الألبان)، ولهذا، يكون معظم الهدر في إفريقيا جنوب الصحراء قبل أن يصل الطعام إلى المستهلكين، أما في الدول الغنية فإن السبب الرئيسي ببساطة هو الفجوة بين فرط الإنتاج والاستهلاك الفعلي: رغم ارتفاع معدل فرط تناول الطعام في مثل هذه الدول، تمد معظم الدول عالية الدخل مواطنيها بالكميات الغذائية الكافية، في المتوسط، لقاطني

الأشجار أو عاملي مناجم الفحم. لا الغالبية العظمى من السكان من الأشخاص قليلي الحركة والمتقدمين في العمر.



النسبة المئوية لهدر الطعام على طول سلسلة الإمداد

ولا عجب أن الولايات المتحدة هي المُعتدي الأكبر في مسألة هدر الطعام. ولدينا وفرة من المعلومات حول كمية الهدر، حيث يصل متوسط المخزون الغذائي اليومي في الولايات المتحدة إلى نحو 3600 كيلو كالوري لكل فرد. وهذا هو المخزون، لا الاستهلاك - وهو أمرٌ جيدٌ، أيضًا.

وإذا استثنينا الأطفال والعجائز، الذين يقل احتياجهم اليومي عن 1500 كيلو كالوري، يتبقى لدينا أكثر من 4000 كيلو كالوري للبالغين حصرًا: ربما يأكل الأمريكيون الكثير من الطعام، لكن لا يمكنهم جميعًا تناول هذا الكم بشكلٍ يومي، وقد عدلت وزارة الزراعة في الولايات المتحدة هذه الأرقام الخاصة بـ «التلف وغيره من الهدر»، وقدرت المتوسط اليومي الفعلي المتاح للاستهلاك بنحو 2600 كيلو كالوري لكل

فرد. لكن حتى هذا الرقم ليس صحيحًا تمامًا، فكلا الاستطلاعين حول استهلاك الطعام المُبلَّغ عنه ذاتيًّا (اللذين يتم إجراؤهما ضمن برنامج استقصاء الصحة الوطنية وفحص التغذية) والحسابات التي تعتمد على المتطلبات الأيضية المُتوقَّعة تشير إلى أن متوسط الاستهلاك اليومي الفعلي في الولايات المتحدة يصل إلى نحو 2100 كيلو كالوري لكل فرد. اطرَح 2100 كيلو كالوري لكل فرد للاستهلاك من 3600 كيلو كالوري لكل فرد من المخزون، وستحصل على ناتج الخسارة 1500 كيلو كالوري لكل فرد، وهو ما يعني أن نحو 40 % من الطعام في أمريكا يتم هدره.

لم تكن الحال هكذا دومًا، ففي مطلع سبعينيات القرن الـ 20، قدَّرت وزارة الزراعة في الولايات المتحدة متوسط الطعام المتاح للفرد (بعد أن تم تعديله حسب هدر ما قبل البيع) بأقل من 2100 كيلو كالوري في اليوم، أي ما يقرب من 25 % أقل مما هو الآن. ويرى المعهد الوطني للسكري وأمراض الجهاز الهضمي والكلى أن هدر الطعام لكل فرد في الولايات المتحدة زاد بنسبة 50% في الفترة ما بين عامي 1974 و2005، وأن المشكلة قد تفاقمت منذ ذلك الحين.

لكن حتى إذا توقَّف متوسط الخسارة اليومية في الولايات المتحدة عند 1500 كيلو كالوري لكل فرد، فبعملية حسابية بسيطة يتضح أنه في عام 2020 (حيث يبلغ تعداد السكان نحو 333 مليون نسمة) كان هذا الطعام المُهدَر ليوفِّر التغذية المناسبة (2200 كيلو كالوري لكل فرد) لنحو 230 مليون إنسان، أي أكثر بقليل من التعداد السكاني الكامل للبرازيل، أكبر دول أمريكا اللاتينية، وسادس دول العالم كثافة.

لكن حتى مع هدر الأمريكيين للطعام، فإنهم ما زالوا يأكلون كميات أكبر بكثير مما هو صحي لهم، فقد زاد مُعدَّل انتشار السمنة - وصول مؤشر الكتلة البدنية إلى 30 فما فوق - أكثر من الضعف في الفترة

ما بين عامي 1962 و2010، ليرتفع من 13.4 % إلى 35.7 % بين البالغين ممَّن تخطوا سن الـ20. أضف إلى هذا الرقم من هم بالكاد من ذوي الوزن المفرط (الذين يتراوح مؤشر كتلتهم البدنية ما بين 25 و30) وستجد أنه، بين البالغين، هناك 74 % من الذكور و64 % من الإناث لديهم وزنٌ كبير بدرجة مُفرطة، والمُقلِق أكثر، في ظل كون السمنة عادةً حالة مزمنة، فإن النسبة الآن تفوق 50 % بين الأطفال أيضًا الذين يزيد عمرهم على 6 سنوات.

وتُقدِّم المؤسسة الخيرية البريطانية وايست آند ريسورسز أكشن بروجرام آراء مختلفة من خلال تتبع الظاهرة بدرجة غير معهودة من التفصيل، ففي بريطانيا، يصل الحجم الكلي لهدر الطعام إلى نحو 10 ملايين طن في السنة بقيمة تُقدر بنحو 15 مليار جنيه إسترليني (أو ما يقرب من 20 مليار دولار)، بينما تُمثِّل الأجزاء غير القابلة للأكل (كالجلود، والقشور، والعظام) 30 % فقط من هذا الإجمالي - لذلك فإن 70 % من الطعام المُهدَر يمكن أكله! وقد وثَّقت المؤسسة الخيرية نفسها أسباب العملية: يكون نحو 30 % من الهدر بسبب «عدم استخدامه في الوقت المناسب»، والثلث بسبب انتهاء التاريخ المُوصَّى به في عبارة «يُفضَّل استخدامه قبل»، ونحو 15% بسبب طهي أو تقديم طعام زائد على الحاجة، والبقية لأسباب أخرى، من بينها التفضيلات الشخصية، وصعوبة الأكل، والحوادث.

ورغم ذلك تتجاوز خسارة الطعام حد هدر التغذية - فلا شك في أنها تتضمن هدرًا كبيرًا في الجهد والطاقة المبذولين بشكلٍ مباشر لتشغيل الماكينات ومضخات الري، وبشكل غير مباشر لإنتاج الفولاذ، والألومنيوم، والخامات البلاستيكية اللازمة لتحقيق تلك الإنتاجيات الميكانيكية وتصنيع المُخصِّبات والمبيدات الحشرية، ذلك إلى جانب

أن الجهد الزراعي الإضافي المبذول يضر بالبيئة لما يتسبَّب فيه من تعرية التربة، وارتشاح النترات، وفقدان التنوع البيولوجي، ونمو البكتيريا المُقاومة للمُضادات الحيوية. كما قد يكون إنتاج الطعام المُهدَر مسئولًا عن 10 % من انبعاثات الغازات الدفيئة على مستوى العالم.

وعلى الدول الغنية خفض إنتاج الطعام بدرجة كبيرة وكذلك خفض الهدر المصاحب لاستهلاكه، ورغم ذلك تتم الدعوة إلى زيادة إنتاج الطعام بصوت أعلى من أي وقت مضى. وينادي التعديل الأخير الذي طرأ عليها بإنتاج المزيد حتى يتم غمر الأسواق في النهاية باللحوم المغشوشة المصنوعة من البروتينات البقولية البديلة. لكن بدلًا من ذلك، لماذا لا نحاول إيجاد طرق ذكية لخفض هدر الطعام لمستوى خسارة مقبول بصورة أكبر؟ فقد يؤدي خفض هدر الطعام بمقدار النصف إلى مزيد من ترشيد استهلاك الطعام على مستوى العالم، ما ينتج عنه فوائد ضخمة: تُقدِّر المؤسسة الخيرية البريطانية وايست آند ريسورسز أكشن بروجرام أن الدولار الواحد الذي يتم استثماره في منع هدر الطعام يأتي بعائد أكبر بـ 14 مرة. أليس هذا مُقنعًا بما يكفي؟

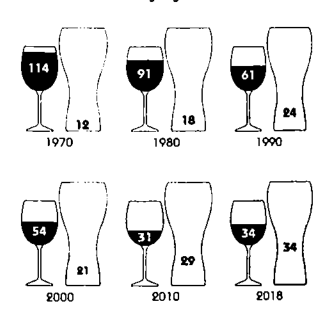
التخلي البطيء عن النظام الغذائي لمنطقة البحر المتوسط

أصبحت فوائد النظام الغذائي لمنطقة البحر المتوسط معروفة على نطاق واسع بعد عام 1970، وذلك عندما نشر خبير التغذية «أنسيل كيز» أول أجزاء دراسته طويلة المدى عن التغذية والصحة في إيطاليا، واليونان وخمس دول أخرى، ووجد أنها مرتبطة بانخفاض مُعدَّل الإصابة بأمراض القلب.

إن الملامح الرئيسية لهذا النظام الغذائي تتمثل في ارتفاع استهلاك الكربوهيدرات (التي غالبًا ما تتمثَّل في الخبز، والمكرونة، والأرز) مُكملًا بالحبوب البقلية (كالفول، والبازلاء، والحمص الشائع)، والمكسرات، ومنتجات الألبان (الجبن والزبادي غالبًا)، والفواكه والخضراوات، والأطعمة البحرية، والأطعمة الموسمية التي خضعت لمعالجة بسيطة، وتُطهى هذه العناصر عمومًا بزيت الزيتون. وكذلك يتضمن هذا النظام الغذائي كميات أكثر اعتدالًا بكثير من السكر واللحم، والأفضل من هذا كله إمكانية تناول وفرة من المشروبات الطبيعية مع الطعام، ورغم أن بعض مختصي الأنظمة الغذائية لا ينصحون الآن بالإفراط في هذه العادة الأخيرة، لكن من الواضح أن النظام الغذائي لمنطقة البحر المتوسط يُقَلِّل من خطر الإصابة بالأمراض القلبية الوعائية، ويحد من خطر الإصابة بأنواع معينة من السرطان بنحو 10%، ويوفِّر بعض الحماية من النوع

الثاني من السكري. وهناك اعتقاد بأن دول الغرب لو اتبعت هذا النظام الغذائي على نطاق واسع، لما وصل مواطنوها أبدًا إلى هذه المستويات السائدة اليوم من السمنة، ففي عام 2013، أدرجت منظمة اليونسكو هذا النظام الغذائي على قائمة التراث الثقافي غير المادي مع دول معينة هي كرواتيا، وقبرص، واليونان، وإيطاليا، والمغرب، والبرتغال، وإسبانيا.

استهلاك إيطاليا من المشروبات المصنوعة من العنب
لتر/فرد



لكن حتى في تلك الدول ذات المستويات الصحية العالية هناك مشكلةٌ نامية: إن النظام الغذائي الحقيقي لمنطقة البحر المتوسط يتم اتباعه الآن فقط في مواقع ساحلية أو جبلية منعزلة معينة، وقد كان هذا التحوُّل الغذائي سريعًا وذا تأثيرٍ بالغ، خاصةً في الدولتين الأعلى كثافةً في الإقليم، إيطاليا وإسبانيا.

وعلى مدار السنوات الـ50 الماضية، أصبح النظام الغذائي في إيطاليا *أكثر* ميلًا للنظام الغذائي لمنطقة البحر المتوسط فيما يتعلق بالفاكهة فقط، حيث ازداد مُعدَّل استهلاكها بنسبة 50% تقريبًا، وفي الوقت الحالي زاد استهلاك الدهون الحيوانية واللحوم بمُعدَّل ثلاثة أضعاف، ويحل زيت الزيتون الآن محل أقل من نصف الدهون الغذائية، و - *ما يثير الدهشة!* - انخفض مُعدَّل استهلاك المكرونة والمشروبات الضارة كثيرًا، انخفاضًا يصل إلى نحو 75 %، كما أصبح الإيطاليون الآن يشترون الكثير من مشروبات الشعير الشهيرة.

وكان تراجع الإسبان عن اتباع النظام الغذائي لمنطقة البحر المتوسط أسرع وأتم، فهم لا يزالون يحبون مأكولاتهم البحرية، التي زاد استهلاكهم لها، لكنهم ابتعدوا عن الحبوب، والخضراوات، والبقوليات، ويُمثِّل زيت الزيتون الآن أقل من نصف الاستهلاك الكلي للدهون في البلد. والجدير بالذكر أن الإسبان الآن صاروا يستهلكون في المتوسط نحو 20 لترًا فقط في السنة من المشروبات المصنوعة من العنب، وهو مُعدَّل أقل من نصف مُعدَّل استهلاكهم لمشروبات الشعير، وهذا مقارنة بما تراه في ألمانيا وهولندا!

هل يمكن أن يكون هناك رمز أكثر تعبيرًا عن انتهاء النظام الغذائي من الإقبال على مشروبات الشعير والتقليل من المشروبات الضارة المصنوعة من العنب؟ وحتى معظم الأوروبيين (الذين يحفظون الأنظمة الغذائية القديمة في ذاكرتهم) غير واعين بأن المخزون الإسباني من اللحم للفرد، الذي كان قرابة 20 كيلوجرامًا في السنة عندما توفي «فرانكو» في عام 1975، وصل حاليًّا إلى ما يقرب من 100 كيلوجرام، ما جعله الآن أعلى منه في الدول الآكلة بشكل تقليدي للحم مثل ألمانيا، وفرنسا، والدنمارك.

إن التطلعات المستقبلية ليست جيدة، حيث ساد نمط غذائي جديد بين الشباب، الذين يشترون أيضًا كميات من الطعام الطازج أقل ممَّا كان يفعل آباؤهم، فإسبانيا مثلًا لا تعاني نقصًا في فروع مطاعم ماكدونالدز. وكي إف سي، وتاكو بيل، ودانكن دوناتس - أو دانكن كوفي، مثلما يُسمَّى هناك، فالانتشار العالمي للأطعمة السريعة الغنية باللحوم، والدهون، والأملاح، والسكريات لا تقضي فقط على تراث الطهي القديم، بل أيضًا على واحدة من المزايا القليلة للعالم القديم التي يتميز بها عن العالم الحديث.

إن أسباب هذا التحول عالمية، فارتفاع مُعدَّلات الدخل يسمح بزيادة مُعدَّل استهلاك اللحوم، والدهون، والسكريات، وقد حلَّت الأسر التي تمتلك مصدرين للدخل والأسر المُكوَّنة من فرد واحد التي تطهو في المنزل بمُعدَّل أقل، وتشتري مزيدًا من الوجبات الجاهزة للأكل محل الأسر التقليدية. كما تُشجِّع أنماط الحياة الأكثر انشغالًا تناول الوجبات الخفيفة والأطعمة الجاهزة، فلا عجب إذن من ارتفاع مُعدَّلات السمنة في إسبانيا وإيطاليا، وكذلك فرنسا.

التونة ذات الزعنفة الزرقاء:
على طريق الانقراض

تأمَّل سمكة التونة... فإمكاناتها الهيدروميكانيكية شبه المثالية وقدرتها الفعالة على الدفع، مُعزَّزة بالعضلات ذات الدم الدفيء داخل الجسم تجعل منها سباحة مميزة، إذ تفوق سرعة الأحجام الأكبر منها 70 كيلومترًا في الساعة، أو نحو 40 عقدة - أي أنها أسرع من القارب البخاري، وأسرع كثيرًا من أي غواصة نعرفها.

لكن حجمها ومذاقها اللذيذ قد وضع أروع هذه الأسماك على طريق الانقراض، فاللحم الأبيض الذي تحصل عليه مُعلَّبًا مصدره سمكة ألباكور التي توجد بوفرة نسبيًا - وهي سمكة صغيرة، أقل تقريبًا من 40 كيلوجرامًا (أما اللحم الأحمر المُعلَّب فمصدره سمكة التونة الوثّابة المتوافرة بكثرة، وهي نوع آخر صغير من سمكة التونة). وعلى العكس، لطالما كانت التونة ذات الزعنفة الزرقاء (التي يُطلق عليها باليابانية، *maguro* أو *hon-maguro*، أي «التونة الحقيقية») أندر أنواع سمكة التونة، إذ يمكن للسمكة البالغة منها أن تنمو لأكثر من 3 أمتار، وأن يزيد وزنها على 600 كيلوجرام.

وتُعد سمكة التونة ذات الزعنفة الزرقاء الخيار الأول في اليابان لإعداد الساشيمي والسوشي، وعندما انتشر هذان الطبقان في فترة إيدو (في طوكيو) في أثناء القرن الـ 19، كانت القطع المختارة من

العضلات الداخلية الحمراء الأقل دسمًا (وتُسمَّى *akami*)، بعد ذلك صار هناك ميل للقطع من الجانبين تحت شق المنتصف (وتُسمَّى القطع الدسمة *chutoro*) ومن بطن السمكة (وتُسمَّى القطع مُفرطة الدسامة *otoro*). وكانت الأسماك الاستثنائية من سمكة التونة ذات الزعنفة الزرقاء تُباع بأسعار استثنائية في مزادات العام الجديد المُقامة بطوكيو. حيث تم تسجيل الرقم القياسي الأخير في 2019: 1 ، 3 مليون دولار ثمنًا لسمكة زنة 278 كيلوجرامًا تم اصطيادها شمال اليابان. أي أكثر من 11,100 دولار للكيلوجرام الواحد!



رقم قياسي أخر ثمنًا لإحدى أسماك التونة ذات الزعنفة الزرقاء

وتستهلك اليابان نحو 80 % ممَّا يتم صيده على مستوى العالم من سمكة التونة ذات الزعنفة الزرقاء، وهي كمية أكبر بكثير من حصتها المسموح بها، ولسد الاحتياج يتم الآن تصدير الأسماك من هذا النوع إلى

اليابان إما طازجة، وإما بالشحن الجوِّي، وإما مشويَّة، ومنزوعة الأحشاء، ومُجمَّدة، كما تتم تلبية الطلب بشكل متزايد عن طريق الأسماك التي يتم اصطيادها في موائلها الطبيعية وتسمينها في أقفاص، وذلك بتقديم أسماك السردين، والماكريل، والرنجة غذاءً لها، فقد وصل الطلب إلى مستويات مرتفعة جديدة بعدما تحوَّل السوشي من الطبق المُفضَّل لدى اليابان إلى أكلة عالمية.

ويصل المُعدَّل المعروف الآن لصيد ثلاث فصائل من سمكة التونة ذات الزعنفة الزرقاء على مستوى العالم إلى نحو 75,000 طن في السنة، وهو مُعدَّل أقل ممَّا كان قبل 20 أو 40 سنة، لكن يظل الصيد غير المشروع وتفريغ المصايد بشكل غير مُبلغ عنه، المنتشر والمستمر منذ عقود، هو البديل، فقد أوضحت إحدى المقارنات الاستكشافية بين سجلات أسطول اليابان لصيد التونة (التي كان يُعتَقَد أنها عالية الدقة) وبين التونة التي تباع في أكبر أسواق السمك في اليابان - أوضحت فرقًا يُقدَّر بالضعف على الأقل.

لقد قاومت الدول الرائدة في مجال صيد الأسماك أي خفض بالغ في حصتها من الصيد، ومن ثمَّ فإن السبيل الوحيدة لضمان البقاء طويل المدى هو وقف التجارة في السلالات الأكثر تعرُّضًا لخطر الانقراض. وفي عام 2010، طلب الصندوق العالمي للطبيعة، وخبراء صيد الأسماك في منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة، وإمارة موناكو حظر التجارة الدولية في سمكة التونة الشمالية ذات الزعنفة الزرقاء، لكن تم رفض الاقتراح، وعلاوةً على ذلك أنه ربما فات أوان حتى الحظر التام لصيد السمك في البحر المتوسط وشمال شرق المحيط الأطلسي لمنع انهيار تلك المصايد لسمكة التونة ذات الزعنفة الزرقاء.

ولسوء الحظ فإن هناك صعوبة بالغة في تربية أسماك التونة ذات الزعنفة الزرقاء من البيض في المرتع البحري كما كانت عليه الحال سابقًا، لأن معظم اليرقات الدقيقة والضعيفة لا تنجو من الأسابيع الثلاثة أو الأربعة الأولى من عمرها. وقد ظلت الجهود اليابانية الأنجح، لمختبر الثروة السمكية بجامعة كينداي، تعمل لنحو 30 عامًا لإتقان هذه العملية، ورغم ذلك لم ينج من هذه الأسماك حتى طور البلوغ إلا نسبة 1% فقط.

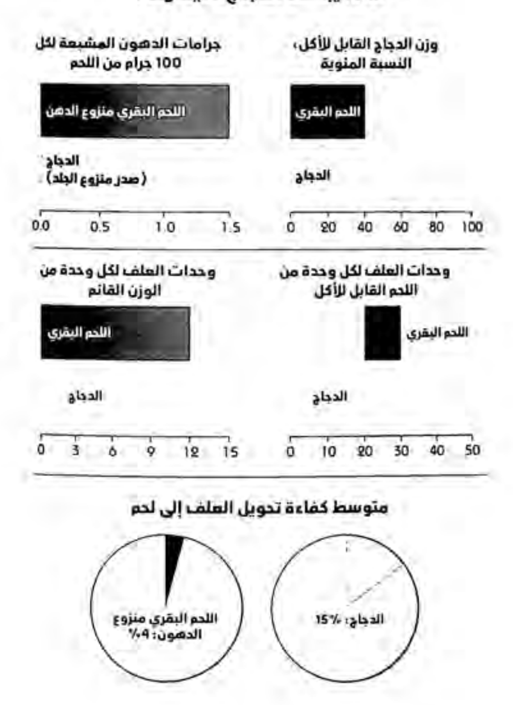
ونتج عن حظر صيد سمكة التونة ذات الزعنفة الزرقاء والتحديات التي تواجه زراعتها انتشار خطأ تسمية السمكة على مستوى العالم، وتحديداً في الولايات المتحدة، فمن المحتمل جدًّا أنك تأكل أنواعًا أخرى من السمك بدلًا من أي نوع من التونة الواردة على قائمة مطعمك: فأكثر من نصف كمية التونة التي يجري تقديمها في المطاعم ومحلات السوشي في الولايات المتحدة تُسمى بمسميات غير حقيقية!

لماذا يبسط الدجاج سيطرته؟

ظل اللحم البقري على مدى أجيال هو النوع المُهيمن من اللحوم في الولايات المتحدة، ليُتبع بعد ذلك بالأنواع الأخرى من اللحوم الحمراء، وعندما وصل مُعدَّل الاستهلاك السنوي للحم البقري ذروته في عام 1976 بمقدار نحو 40 كيلوجرامًا (من اللحم الصافي منزوع العظام) للفرد، كانت هذه الكمية تُمثِّل ما يقرب من نصف إجمالي كمية اللحوم، بينما كانت حصة الدجاج 20% فقط، لكنه استطاع أن يلحق باللحم البقري بحلول عام 2010، وفي عام 2018 وصلت حصة الدجاج إلى 36% من الإجمالي، أي ما يقرب من 20% أعلى من نسبة اللحم البقري. وعليه، يأكل المواطن الأمريكي العادي اليوم 30 كيلوجرامًا من الدجاج منزوع العظام كل سنة، والذي غالبًا ما يتم شراؤه إما مُقطعًا وإما أجزاء مُعالَجة (بدايةً من الصدور منزوعة العظم حتى مكعبات الدجاج المقلية المقرمشة التي تُعرف بناجتس الدجاج).

لقد كان الهوس المستمر بالحمية الغذائية في الولايات المتحدة - الذي يتمثَّل في هذه الحالة في الخوف من الكوليسترول المرتبط بالحمية الغذائية، والخوف من الدهون المُشَبَّعة في اللحوم الحمراء - أحد عوامل هذا التغيير، ورغم ذلك فإن الفروق ليست كبيرة: إذ يحتوي الـ100 جرام من اللحم البقري منزوع الدهن على 1.5 جرام من الدهون المُشَبَّعة مقارنة بـ1 جرام منها في صدر الدجاج منزوع الجلد (الذي يحتوي

لماذا يبسط الدجاج سيطرته؟



فعليًا على كمٍّ أكبر من الكوليسترول). لكن السبب الرئيسي لارتفاع مُعدَّل تناول الدجاج هو سعره الأرخص، الذي يعكس ميزته الأيضية: فلا نعرف أي حيوان منزلي آخر قادر على تحويل العلف إلى لحم بنفس كفاءة فروج اللحم الذي تتم تربيته ورعايته بشكل خاص لإنتاج اللحم، لكن أساليب التربية الحديثة للحيوانات لديها طرق كثيرة للاستفادة من هذه الكفاءة.

وخلال ثلاثينيات القرن الـ 20، لم يكن متوسط كفاءة التغذية لفروج اللحم (نحو 5 وحدات من العلف لكل وحدة من الوزن الحي) أفضل منه لدى الحيوانات الأخرى التي تُربَّى للغرض نفسه، وقد انخفض معدل التغذية هذا بمقدار النصف بحلول منتصف ثمانينيات القرن الـ 20، وتوضِّح النسب الأخيرة للعلف إلى اللحم التي قدرتها وزارة الزراعة الأمريكية أنه يتم الآن استهلاك نحو 1.7 وحدة من العلف (المُوحد من حيث الذرة الحقلية) لإنتاج وحدة من الوزن الحي لفروج اللحم (قبل الذبح)، مقارنةً بنحو 12 وحدة من العلف للماشية، وما يقرب من 5 وحدات منها للدواب الأخرى.

ونظرًا لأن الوزن القابل للأكل كحصة من الوزن الحي يختلف بصورة ملحوظة بين أنواع اللحم الرائدة وبعضها (يُمثِّل نحو 60 % للدجاج، ونحو 40 % فقط للحم البقري، و53 % للأنواع الأخرى)، فإن إعادة الحسابات من ناحية كفاءات العلف لكل وحدة من اللحم القابل للأكل تكون أكثر كشفًا، إذ كانت النسب الأخيرة 3-4 وحدات من العلف لكل وحدة من لحم فروج اللحم القابل للأكل، و20-30 للحم البقري، و9-10 للأنواع الأخرى، وتعادل هذه الأرقام متوسط تحويل كفاءات العلف إلى اللحم على النحو التالي بالترتيب 15، و10، و4 %.

وبالإضافة إلى ذلك، تتم تربية فروج اللحم كي ينضج بسرعة أكبر ويُنتج كميات غير مسبوقة من اللحم، وقد كانت الطيور التقليدية الحرة

تُذبَح عند عمر سنة، عندما تزن كيلوجرامًا واحدًا تقريبًا، بينما ارتفع متوسط وزن فروج اللحم الأمريكي من 1.1 كيلوجرام عام 1925 إلى ما يقرب من 2.7 كيلوجرام عام 2018، مع خفض المدة المُعتادة للعلَف من 112 يومًا عام 1925 إلى 47 يومًا فقط عام 2018.

ويستفيد المستهلكون بينما تعاني الطيور، حيث تزيد أوزانها بسرعة؛ لأنها قادرة على أكل أي كمية تريدها بينما هي حبيسة الظلام والقيود. ولأن المستهلكين يُفضِّلون لحم الصدر قليل الدهن. يُحوِّل اختيار الصدور بالغة الأحجام مركز جاذبية الطير للأمام. مما يُضعِف من حركتها الطبيعية، ويُشكِّل حملًا على ساقيها وقلبها. لكن لا يمكن للطير التحرُّك على أية حال؛ ووفقًا للمجلس الوطني للدجاج فإن نصيب الدجاجة الواحدة من نوع فروج اللحم من المساحة هو 560-650 سنتيمترًا مربعًا فقط، وهي مساحة أكبر قليلًا من مساحة ورقة الخطاب القياسية A4. ولأن فترات الظلام الطويلة تُحسِّن النمو، ينضج فروج اللحم تحت كثافة الإضاءة الشبيهة بإضاءة الغسق، إلا أن هذه الظروف تُخرِّب ساعته البيولوجية العادية وإيقاعه السلوكي.

ومن ناحية تقل أعمار الدجاج (أقل من 7 أسابيع للطائر الذي تصل فترة حياته الطبيعية إلى 8 سنوات) وتتشوه أجسادها في الحبس المظلم، ومن ناحية أخرى، في نهاية عام 2019 أصبح سعر البيع بالتجزئة نحو 2.94 دولار للرطل، أي 6.47 دولار للكيلوجرام ثمنًا للصدر منزوع العظم، مقارنة بـ4.98 دولار للرطل لعرق اللحم المستدير و8.22 دولار للرطل لشريحة لحم الخاصرة فائقة الجودة.

لكن سيطرة الدجاج لم تنتشر على مستوى العالم بعد، فبفضل سيطرة الأنواع الأخرى من لحوم الدواب في الصين وأوروبا، لا تزال هذه الأنواع مُتقدِّمة على مستوى العالم بنسبة 10 %، بينما اللحم البقري

هو النوع المُتصدِّر من اللحوم في معظم دول أمريكا الجنوبية. ولا شك أن فروج اللحم الذي يُربَّى على نطاقٍ واسع في الحبس سيأتي على قمة معُدَّلات الاستهلاك في العالم خلال عقد أو عقدين. وبالنظر إلى هذه الحقيقة، نجد أنه ينبغي على المستهلكين الاستعداد لدفع ثمنٍ أكبر قليلًا لكي يجعل المُرَبُّون حياة فروج اللحم قصيرة المدى أقل ضغطًا.

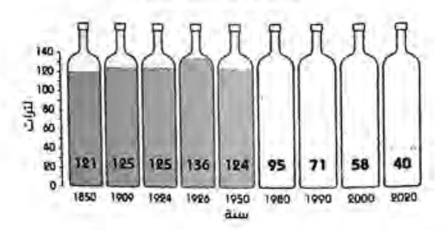
عدم شرب المشروبات المصنوعة من العنب

«فرنسا والمشروبات المصنوعة من العنب»، يا له من رابط راسخ استمر عقودًا! حيث قدّمه اليونانيون قبل فترة طويلة من غزو الرومان لبلاد الغال، وانتشر بصورة هائلة خلال العصور الوسطى، وبعد أن أصبح أخيرًا رمزًا للرقي (بأنواعه المختلفة) محليًا وعالميًا، ترسخت منذ وقت طويل زراعة كروم العنب الفرنسية، ومُعدّلات شرب المشروبات المصنوعة منه، وصادراته باعتبارها إحدى السمات الرئيسية للهوية الفرنسية القومية. فلطالما أنتج البلد واستهلك بوفرة، مع استهلاك المزارعين والفلاحين في الأقاليم المشهورة بصناعة الأنواع الخاصة بهم مشروبات العنب، واستمتاع البلدات والمدن بمجموعة كبيرة على مستوى المذاق والأسعار.

وقد بدأت الإحصائيات المنتظمة للاستهلاك الفرنسي للفرد من المشروبات المصنوعة من العنب عام 1850 بمتوسط عالٍ من 121 لترًا في السنة - أي ما يقرب من كوبين متوسطي الحجم (175 مليلترًا) في اليوم. وبحلول عام 1890، قلّل الغزو الحشري للفيلوكسرا (الذي بدأ عام 1863) محصول العنب للبلد لما يقرب من 70% مقارنةً بذروته عام 1875، وكان على مزارع كرم العنب الفرنسية الرجوع من جديد بزرع الطعوم الجذرية المقاوِمة (الأمريكية غالبًا). ونتيجةً ذلك، ظل مُعدّل الاستهلاك السنوي للمشروبات المصنوعة من العنب متأرجحًا، لكن

الواردات المتزايدة (التي كانت عام 1887 مرتفعةً بحيث مثَّلت نصف الإنتاج المحلي) منعت أي انحدار في إجمالي المخزون، ووصل التعافي النهائي لمزارع الكرم بذروة استهلاك الفرد في فترة ما قبل الحرب العالمية الأولى إلى 125 لترًا في السنة في عام 1909. وقد تكرَّر هذا المُعدَّل عام 1924، وزاد على مدار العامين التاليين، ليستقر مُعدَّل استهلاك الفرد طوال الوقت عند 136 لترًا في السنة عام 1926، وبحلول عام 1950 كان المُعدَّل أقل بدرجةٍ طفيفة، حيث بلغ نحو 124 لترًا.

معدل الاستهلاك الفرنسي من المشروبات المصنوعة من العنب للفرد



وقد ظلَّت معايير الحياة الفرنسية بعد الحرب منخفضة بدرجة مُدهشة: طبقًا لإحصاء السكان عام 1954 كانت 25% من المنازل فقط بها حمَّامات داخلية، وكانت 10% فقط بها حوض استحمام، أو رشَّاش مياه، أو تدفئة مركزية، لكن هذا كله قد تغيَّر بسرعة خلال ستينيات القرن الـ 20، كما أتى الثراء المتزايد ببعض التغيُّرات البارزة في

الغذاء، وبانخفاض في مُعدَّلات شرب المشروبات المصنوعة من العنب. فبحلول عام 1980 انخفض المتوسط السنوي لاستهلاك الفرد إلى نحو 95 لترًا في السنة، وبحلول عام 1990 انحدر إلى 71 لترًا، وبحلول عام 2000 إلى 58 لترًا فقط، أي أن المُعدَّل قد تضاءل بمقدار النصف على مدار القرن الـ 20. وقد شهد القرن الحالي مزيدًا من مُعدَّلات الانخفاض، حيث أظهرت أحدث البيانات المتاحة المتوسط عند 40 لترًا فقط في السنة، و70 % أقل من المُعدَّل الذي تم تسجيله عام 1926. ويُفصِّل استطلاع استهلاك المشروبات المصنوعة من العنب لعام 2015 (والذي يتكرَّر عام 2020) الفروق العميقة على مستوى الجنس والجيل التي تُفسِّر الاتجاه التراجعي.

وقبل 40 عامًا، كان أكثر من نصف البالغين في فرنسا يشربون المشروبات المصنوعة من العنب كل يوم تقريبًا، لكن حصة كل البالغين الذين يشربون المشروبات المصنوعة من العنب بانتظام الآن هي 16% فقط، ولمزيد من التفصيل، فإن الحصة هي 23% للرجال و11% للنساء، و1 % فقط لمن تتراوح أعمارهم بين 15و24 سنة و5% لمن تتراوح أعمارهم بين 25 و34 سنة. ومن الواضح أن هذا الفرق على مستوى الجنس والجيل لا يُبَشِّر بأية زيادة مستقبلية في مُعدَّل الاستهلاك، كما ينطبق على كل المشروبات الكحولية: شهدت أيضًا الجعة، والمشروب المُقطَّر، انخفاضًا تدريجيًّا في مُعدَّلات الاستهلاك، بينما يزداد الطلب على المشروبات ذات مُعدَّلات الاستهلاك الأعلى للفرد ومن بينها المياه المعدنية ومياه الينابيع (التي تضاعف استهلاكها تقريبًا منذ عام 1990)، وعصائر الفاكهة، والمشروبات الغازية المُكربنة.

ومع تغيُّر تناول المشروبات المصنوعة من العنب من عادة منتظمة إلى متعة عرضية، فقدت فرنسا أيضًا صدارتها التاريخية لاستهلاك المشروبات المصنوعة من العنب لصالح سلوفينيا وكرواتيا (حيث يقترب مُعدَّل استهلاك كلٍّ منهما للفرد في السنة من 45 لترًا)، لكن بينما لم يشهد أي من البلدان الأخرى المعتادة شرب المشروبات المصنوعة من العنب انخفاضًا أكبر من الذي شهدته فرنسا - بالأرقام المُطلَقة والنسبية على حدٍ سواء - اقتربت إيطاليا من تلك النسبة من الانخفاض، وانخفض استهلاك المشروبات المصنوعة من العنب في إسبانيا واليونان أيضًا.

ورغم ذلك هناك توجُّه إيجابي واحد، وهو أن صادرات فرنسا من المشروبات المصنوعة من العنب لا تزال قوية، مُحقِّقة رقمًا قياسيًّا (نحو 11 مليار دولار) في عام 2018، وتؤكد الأسعار المميزة التي تفرضها المنتجات الفرنسية حقيقة أنها تُمثل 15 % من التجارة العالمية في مشروب العنب وما يشبهه من أنواع المشروبات ولكنها تمثل 30 % من القيمة الإجمالية. وقد كان الأمريكيون (الذين ارتفع متوسط استهلاك الفرد من المشروبات المصنوعة من العنب لديهم لأكثر من 50 % على مدار السنوات الـ20 الماضية) أكبر مستوردي المشروبات المصنوعة من العنب الفرنسي، كما حاز طلب الأثرياء الصينيين الجدد حصة متزايدةً من المبيعات.

لكن في البلد الذي صدَّر للعالم أعدادًا لا تحصى من مشروب *العنب الذي يُقدم في أثناء تناول الوجبات* فضلًا عن الأسعار الباهظة *للتصنيف الرسمي للمشروبات المصنوعة من العنب*، أصبح صوت قرع الكئوس المصاحب لتمنيات *الصحة* عادةً مُهدَّدةً بالانقراض.

ترشيد أكل اللحم

في الوقت الحالي انضم تناول اللحم بوجه عام (واللحم البقري بوجه خاص) لقائمة العادات غير المرغوب فيها بدرجةٍ كبيرة، حيث ارتبطت المخاوف طويلة الأمد حول مساوئ تناول اللحم - التي تتنوع ما بين الآثار المُفترضة الضارة بالصحة، وحتى الاستهلاك الكبير بدرجة استثنائية للأرض والمياه اللازمة لزراعة علف الحيوانات - بالتحذيرات المشؤومة حول انبعاث غاز الميثان من الماشية كمُسبِّب رئيسي لتغير المناخ على مستوى العالم، إلا أن الحقيقة أقل تضخمًا من هذا، فنحن البشر - نشترك إلى حد كبير مع بعض الحيوانات التي تتلهف إلى صيد الحيوانات الأصغر منها - من الأنواع التي تقتات على اللحوم والنباتات، ولطالما كان اللحم جزءًا مهمًّا من نظامنا الغذائي العادي. فاللحم (مع الحليب والبيض) مصدرٌ رائعٌ للبروتين الغذائي الكامل اللازم للنمو، فهو يحتوي على فيتامينات مهمة (على رأسها فيتامين B المُركَّب) وأملاح معدنية (كالحديد، والزنك، والماغنيسيوم)، وهي مصدرٌ كافٍ للدهون الغذائية (وهي الدهون التي تمنح الإحساس بالشبع؛ ومن ثم فهي تمثل قيمة كبيرة لدى جميع المجتمعات التقليدية).

وبالطبع فالحيوانات، وتحديدًا الماشية، ليست لديها قدرةٌ كافية على تحويل العلف إلى لحم (انظر لماذا يبسط الدجاج سيطرته؟ صفحة 231)، وقد وسَّعت الدول الثرية نطاق إنتاجها للحم لدرجة أنَّ المهمة

الأساسية للزراعة لم تعد مُتمثلةً في نمو المحاصيل لنفع الناس بل لتغذية الحيوانات. ففي أمريكا الشمالية وأوروبا، تم تخصيص نحو 60 % من إجمالي حصاد المحصول للعلف - لا للطعام بشكل مباشر. ولهذا بالطبع عواقب بيئية جوهرية، خاصةً بسبب الحاجة إلى مُخصِّبات النيتروجين والمياه. وفي الوقت نفسه، فإن ذكر الكميات الكبيرة من المياه اللازمة لإنتاج العلف للماشية مُضلِّلة جدًّا، فالحد الأدنى اللازم من المياه لكل كيلوجرام من اللحم البقري منزوع العظم مرتفع بالتأكيد، في حدود 15,000 لتر، بينما يدخل نحو نصف لتر فقط من هذه الكمية ضمن اللحم، مع دخول أكثر من 99 % من المياه في زراعة محاصيل العلف التي تعاود الدخول في النهاية في الغلاف الجوي عن طريق التبخر، وتعرق النبات، ثم يسقط في هيئة أمطار.



لوحة *ذا فات كيتشن*: بريشة بيتر فان دير هايدن بأسلوب بيتر بروجل

أما عن الآثار الصحية لأكل اللحم، فقد أوضحت دراسات أُجريت على نطاقٍ واسع أن الاستهلاك المتوسط للحم لا يرتبط بأية نتائج سلبية - لكن إذا كنت لا تثق بمنهجيتها، فيمكنك ببساطة مقارنة متوسطات العمر المُتوَقَّعة الطبيعية (انظر الفصل التالي) بمتوسط استهلاك اللحم للفرد؛ حيث يأتي اليابانيون على قائمة طول العمر (وهم يستهلكون اللحم بدرجةٍ متوسطة، فقد استهلكوا حسب إحصائيات عام 2018 نحو 40 كيلوجرامًا بالضبط بعد الذبح للفرد) يليهم السويسريون (وهم يستهلكون اللحم بشكل أساسي، إذ يزيد استهلاك الفرد على 70 كيلوجرامًا)، ثم الإسبان (وهم أكبر مستهلكي اللحم في أوروبا، بأكثر من 90 كيلوجرامًا) والأستراليون (بأكثر من 90 كيلوجرامًا، منها 20 كيلوجرامًا من اللحم البقري). حيث نلمس ارتباط الإكثار من تناول اللحوم بقِصَر العمر.

في الوقت نفسه، يُبين النظام الغذائي المُتَّبع في اليابان (وفي الواقع، النظام الغذائي المُتَّبع في دول شرق آسيا بوجه عام) أنه ليست هناك ميزة صحية أو تعميرية إضافية لاستهلاك اللحم بمُعدَّل كبير، ولهذا أؤيد بقوة ترشيد استهلاك اللحم الذي يعتمد على التناول المتوسط للحم الذي لا يؤثر إنتاجه على البيئة إلا بدرجة متدنية. وقد تكون المُكوِّنات الأساسية لهذا التبني الدولي هي تعديل حصص الأنواع الرئيسية الثلاثة من اللحم، ففي عام 2018 كان إنتاج اللحم البقري، والدجاج، وغيرهما من الأنواع الأخرى من الدواب بالترتيب 40 و37 و23% من الناتج العالمي الذي يُقدَّر بنحو 300 مليون طن، وبتغيير النسب في عام 2018 إلى 40 و50 و10 %، استطعنا بسهولة (بفضل علف الحبوب الذي يتم توفيره من خلال تقليل إنتاج اللحم البقري غير الفعّال) أن ننتج زيادة في لحوم الدجاج تقدر بـ 30 % وزيادة في لحوم الدواب الأخرى

تقدر بـ 20 %، مع خفض عبء إنتاج اللحم البقري على البيئة بأكثر من النصف، مع توفير 10 % زيادة على الأقل من اللحم.

قد يقترب الإجمالي الجديد لإنتاج اللحوم من 350 مليون طن، ويمكن توزيعه إلى نحو 45 كيلوجرامًا من الوزن بعد الذبح أو 25-30 كيلوجرامًا من اللحم القابل للأكل (دون عظام) لكل فرد من الـ7.75 مليار فرد الذين يعيشون على الكوكب مطلع العام 2020!

وتقترب هذه النسبة من متوسط استهلاك الشخص الياباني أخيرًا، لكن أيضًا ما كمية اللحم التي يُفضلُ جزء كبير من المواطنين في فرنسا - ذلك البلد الآكل للحم بامتياز - تناولها الآن؟ أوضحت دراسة فرنسية حديثة أن ما يقرب من 30 % من البالغين الفرنسيين أصبحوا من *صغار المستهلكين*، بمتوسط استهلاك (للحم القابل للأكل) 80 جرامًا فقط في اليوم أو نحو 29 كيلوجرامًا في السنة.

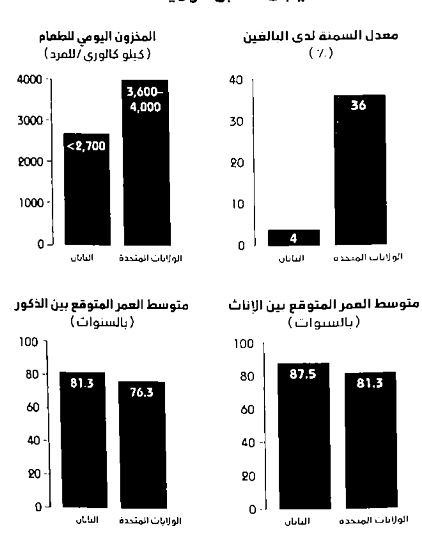
وعلى مستوى التغذية، قد يوفِّر الاستهلاك السنوي لـ25-30 كيلوجرامًا من اللحم القابل للأكل (بفرض أن 25 % منها من البروتين) ما يقرب من 20 جرامًا من البروتين الخالص في اليوم: 20 % أكثر من المتوسط الأخير، رغم ذلك فإن أثرها البيئي منخفض بدرجة هائلة وتوفِّر كل المزايا على مستوى الصحة ومستوى طول العمر للاستهلاك المعتدل للحم.

فلماذا إذن لا نتبع عادات الشعوب الأطول عمرًا والفرنسيين الذين يتمتعون بالذكاء؟ فمثلما هو الوضع في كثير من الأحوال، خير الأمور الوسط ...

النظام الغذائي الياباني

اليابان الحديثة: تتمتع بثروة ورقية. لكن مع مساكن مُكدَّسة، وطرق طويلة مكتظة، وساعات عمل تمتد حتى المساء، وإجازات قصيرة، وعدد كبير من الأفراد الذين ما زالوا يمارسون التدخين. وضغطٌ هائل للتكيف مع المجتمع الهرمي التقليدي. وهناك أيضًا الخطر الدائم للزلازل الخطيرة و(في أجزاء كبيرة من البلد) الثورات البركانية، والخطر الموسمي للأعاصير الهائلة وموجات الحرارة (ناهيك عن العيش إلى جوار كوريا الشمالية ...). ورغم ذلك فإن متوسط العمر المُتوقَّع عند الولادة أعلى منه في أي بلد آخر. فالأرقام الأخيرة (إناث/ذكور، للفترة ما بين عامي 2015-2020، بالسنوات) هي 81.3/87.5 لليابان، و80.6/86.1 لإسبانيا، و79.4/85.4 لفرنسا، و79.4/82.9 للمملكة المتحدة، و76.3/81.3 للولايات المتحدة. ومما يلفت الانتباه بصورة أكبر أن المرأة اليابانية ذات الـ80 عامًا من المُتوقَّع لها الآن أن تعيش 12 سنة إضافية، مقارنةً بـ10 سنوات في الولايات المتحدة و9.6 سنة في المملكة المتحدة.

هل يمكن للجينات المُتفرِّدة تفسير الأمر؟ هذا على الأرجح أمرٌ مستبعد؛ لأن الجُزر كان لا بد أن يستوطنها المهاجرون من قارة مجاورة - وتؤكد دراسة حديثة للتركيب الجيني على مقياس دقيق لتطور التعداد السكاني الياباني أن المكونات المتوقعة للأسلاف تأتي بالدرجة الأولى من مجموعات الكوريين، وأيضًا من الصينيين، وجنوب شرق آسيا.



ربما يعود ذلك إلى قناعات دينية راسخة وسائدة في تحكيم العقل، لكن ربما تكون الروحانيات أفضل من التديُّن في وصفها للعقلية اليابانية، وليست هناك أية مؤشرات على أن التمسك بمثل هذه الاعتقادات التقليدية أكثر عمقًا في اليابان، مقارنةً بغيرها من الدول كثيفة السكان ذات الموروث الثقافي القديم.

ومن ثم، فإن النظام الغذائي هو التفسير الأفضل، لكن أي جزء منه؟ فالتركيز على الأطعمة المُفضَّلة الشهيرة لا يكاد يُجدي نفعًا. فصلصة الصويا مثلًا من الصلصات الشائعة في أجزاء كبيرة من قارة آسيا، من ميانمار إلى الفلبين، وكذلك التوفو، وحتى الناتو (وهو نوعٌ آخر من الأطعمة يُعد أساسًا من فول الصويا، لكنه يكون مُخمَّرًا) على نطاق أصغر، وقد تختلف درجات الألوان. لكن الشاي الأخضر الياباني - المُعد من الأوراق الأقل مُعالجة من الكاميليا الصينية - الذي يأتي من الصين، التي لا تزال تنتج وتستهلك معظمه (رغم انخفاض مُعدَّل استهلاكه للفرد). لكن كشوف الميزانية الغذائية (تتناول حسابات المخزون الغذائي المتوافر على مستوى التجزئة مع استثناء الطعام المُهدَر) توضِّح فروقًا مهمةً في تركيب المُغذِّيات الكبرى للأنظمة الغذائية اليابانية، والفرنسية، والأمريكية العادية، حيث تُمثِّل الأطعمة ذات الأصل الحيواني 35 % من الطاقة الغذائية كلها في فرنسا و27 % في الولايات المتحدة، بينما تُمثِّل فقط 20 % في اليابان.

لكن هذا الميل لنظام غذائي أكثر اعتمادًا على النباتات أقل أهميةً من حصة الطاقة الغذائية المُستمدة من الدهون (أي الليبيدات سواء كانت نباتية أم حيوانية المصدر) ومن السكر وغيره من المُحلِّيات. ففي الولايات المتحدة وفرنسا، يُمثِّل الدهن الغذائي غالبًا ضعف (1.8 على وجه الدقة) الطاقة الغذائية في اليابان، بينما يحتوي الغذاء اليومي للأمريكيين على نحو 2.5 مرة من السكر والمُحلِّيات (وأهمها شراب الذرة الذي يحتوي على نسبة عالية من سكر الفركتوز) أكثر من اليابانيين، ونحو 1.5 مرة أكثر من الفرنسيين. ولما كنا نضع في الحسبان دومًا أن هذه مجرد روابط إحصائية عامة، وليست ادعاءات سببية، فإننا قد نستخلص أنه من خلال استثناء العوامل الغذائية المحتملة، نرى أن

الاستهلاك الأقل للدهون والاستهلاك الأقل للسكر عنصران مهمان من المحتمل أن يكون لهما دور في طول العمر.

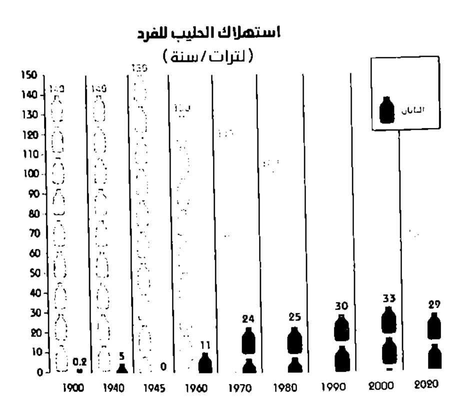
لكنَّ هذين المُعدَّلين المنخفضين نسبيًا هما جزءٌ مما أراه حتى الآن العامل التوضيحي الأكثر أهمية، بقدر الأهمية الاستثنائية الحقيقية لليابان: المُعدَّل المتوسط بصورة ملحوظة للفرد من المخزون الغذائي. وبينما يُبيّن كشف الميزانية الغذائية لكل دول الغرب الثرية تقريبًا (سواءٌ كانت الولايات المتحدة أو إسبانيا أو فرنسا أو ألمانيا) مخزونًا يوميًا يتراوح بين 3400 و4000 كيلو كالوري للفرد، ينخفض المُعدَّل الياباني الآن عن 2700 كيلو كالوري للفرد، أي نحو 25 % أقل، وبالطبع لا يمكن للاستهلاك المتوسط الفعلي أن يعادل 3500 كيلو كالوري لليوم (فالرجال المُكدُّون أقوياء البنية وحدهم هم من قد يحتاجون هذا الكم)، لكن حتى بعد الكم الكبير من الطعام المُهدَر، وهو الشيء الذي لا يمكن تبريره، تتم ترجمة هذا المخزون الكبير إلى فرط تناول الطعام (والسمنة).

وعلى العكس، تُوضِّح دراسات الاستهلاك الفعلي للطعام أن المتوسط اليومي لليابانيين اليوم أقل من 1900 كيلو كالوري، وهو مُعدَّل يتناسب مع توزيع الأعمار والنشاط البدني للمواطنين اليابانيين المتقدمين في العمر، وهذا يعني أن التفسير الوحيد الأكثر أهمية للتفوق الياباني على مستوى طول العمر يمكن أن يكون بسيطًا: الاستهلاك المُعتَدِل للطعام بوجهٍ عام، وهي عادة يمكن التعبير عنها في أربعة فقط من خلال هذه الحكمة الصينية التي تقول («املأ بطنك بنسبة 80%») - وهي وصية من الموروث القديم في الصين، وبهذا تعد شيئًا إضافيًا منقولًا من الصين. لكن اليابانيين، على عكس الصينيين الذين يقيمون ولائم الطعام ويهدرونه، يعملون بهذا المبدأ فعليًا.

منتجات الألبان - الاتجاهات المضادة

ينتج كل الأطفال حديثي الولادة تقريبًا اللكتاز، وهو الإنزيم اللازم لهضم اللاكتوز - وهو السكر (مادة ثنائية السكاريد تتكون من الجلوكوز والجلاكتوز) الموجود في حليب أمهاتهم. وهناك نسبة ضئيلة فقط من الأطفال ذوي النقص الخلقي في اللكتاز (وهذا هو ما يُعرف بحساسية اللاكتوز)، لكن بعد المراحل الأولى من عمر الطفل، تتغيَّر القدرة على هضم الحليب، لكن في المجتمعات التي كانت ريفية الأصل، أو ترعى الحيوانات المستأنسة المُدِرَّة للحليب تكون القدرة على هضم اللاكتوز مستمرة، بينما في تلك المجتمعات التي لم ترعَ أية حيوانات مُدِرَّة للحليب فإن هذه القدرة تضعف بل وتختفي. وينعكس هذا العجز في ألم بالبطن بعد شرب كمية صغيرة من الحليب، لكن من الممكن أيضًا أن يُسبِّب الغثيان والقيء.

لقد أدَّى الارتقاء إلى ظهور أنماط معقدة من هذه السمات، من أصحاب قصور اللكتاز المُحاطين بشاربي الحليب (كالمنغوليين الذين يشربون حليب الخيل، وسكان التبت الذين يشربون حليب ثور القطاس الأليف، وصينيي الشمال والغرب الذين لا يشربون الحليب)، أو حتى المجتمعين الممتزجين (كشعب أفريقيا جنوب الصحراء من رعاة الماشية وفلاحي القطع والحرق أو الصيادين).



وبالنظر إلى هذه الحقائق، من الواضح أن هذه الحداثة الاقتصادية أنتجت نتيجتين غير منطقيتين: شهدت معاقل الحليب ومشتقاته فترات مُطوَّلة من تناقص متوسط استهلاك الحليب للفرد، بينما في كثير من المجتمعات غير المُعتادة على شرب الحليب، زاد الطلب على الحليب السائل ومنتجات الألبان من لا شيء إلى كميات ملحوظة. ففي بداية القرن الـ 20، كان الاستهلاك السنوي للولايات المتحدة الأمريكية من الحليب الطازج (بما في ذلك القشدة) نحو 140 لترًا للفرد (80 % منه من الحليب الصافي)، وبلغت ذروته نحو 150 لترًا عام 1945، لكن فترة التناقص التالية خفَّضت هذا المُعدَّل بنسبة 55 %، إلى

نحو 66 لترًا بحلول عام 2018. وكان التناقص المتزامن للطلب على كل منتجات الألبان أبطأ في المناطق الكبيرة نظرًا إلى التزايد البطيء في استهلاك جبن الموتزاريلا في البيتزا الأمريكية.

وتضمنت العوامل الرئيسية المُسبِّبة لقلة الإقبال على تناول الحليب زيادة استهلاك اللحوم والأسماك (للحصول على عنصري البروتين والدهن اللذين كانا يُستمدان فيما سبق من الحليب) وعقودًا من التحذيرات بشأن الأثر الضار لاستهلاك دهون الحليب المُشبَّعة. وقد تم دحض هذا الاستنتاج. وتشير الاكتشافات الأخيرة إلى أن دهون الحليب يمكنها فعليًّا خفض مُعدَّل الوفاة بمرض الشريان التاجي والجلطة - لكن ظهور هذه الاكتشافات تأخر كثيرًا لينفع صناعة منتجات الألبان المتراجعة. وقد حدث تراجعٌ مماثلٌ بين أهم مستهلكي الألبان في أوروبا، حيث جرت العادة في تلك البلدان بأن يكون ارتفاع مستويات شرب الحليب مصحوبًا بتناول الأجبان بصفةٍ يومية. ومن الجدير بالملاحظة أن مُعدَّل الاستهلاك السنوي للفرد في فرنسا من الحليب كان نحو 100 لتر في منتصف خمسينيات القرن الـ 20، لكنه انخفض بحلول عام 2018 ووصل إلى 45 لترًا.

وتُقدِّم اليابان المثال الأفضل لارتفاع مُعدَّل استهلاك الألبان في مجتمعٍ لا يشرب الحليب، حيث وصل متوسط المخزون السنوي للفرد إلى أقل من 1 لتر في عام 1906، و5.4 لتر بحلول عام 1941، وتم تقسيم هذه النسبة الأخيرة إلى 15 مليلترًا (أو ملعقة طعام) في اليوم: أي أنه في الوقت الذي احتلَّت فيه القوات الأمريكية البلاد عام 1945، لم يشرب أحدٌ الحليب قط أو يأكل الزبادي أو الجبن باستثناء عدد قليل من سكان المدن الكبيرة. وتم تقديم الحليب من خلال برنامج التغذية المدرسية الوطني لمحو الفرق في النمو بين أطفال المدينة وأطفال الريف، وارتفعت

مُعدَّلات استهلاك الحليب للفرد إلى 25 لترًا في السنة عام 1980 و33 لترًا في السنة بحلول عام 2000، عندما كان إجمالي استهلاك الألبان (بما في ذلك الأجبان والزبادي) يعادل أكثر من 80 لترًا في السنة!

وبالنظر إلى حجم البلد، كان اعتماد الصينيين للألبان حتمًا أبطأ، لكن المُعدَّلات المتوسطة ارتفعت من الحد الأدنى الضئيل خلال خمسينيات القرن الـ 20 إلى 3 لترات سنويًا للفرد خلال سبعينيات القرن نفسه (قبل بداية التحديث السريع للصين)، ووصل الآن إلى أكثر من 30 لترًا - أي أعلى من كوريا الجنوبية، وهي بلدٌ آخر غير معتاد شرب الحليب لكنه يستهلكه الآن، إضافة إلى استهلاكه الأجبان والزبادي. وقد كان تنوع الأنظمة الغذائية، وملاءمة الأطعمة القائمة على الألبان للمجتمعات الحضرية الحديثة، وصغر حجم الأسر، وزيادة مُعدَّلات عمل المرأة في المدن هي العوامل الأساسية المُحفِّزة لهذه النقلة الصينية، التي دعمها التعزيز الحكومي للحليب، وجعله من مصادر الغذاء الصحية والراقية، رغم ما يشوبه من سوء الجودة والغش الصريح: في عام 2018، تأثر نحو 300,000 طفل بشرب الحليب المُضاف إليه الميلامين، وهو عنصر كيميائي صناعي تمت إضافته لزيادة نيتروجين الحليب، ومن ثم زيادة محتواه الظاهري من البروتين.

لكن كيف استطاعت المجتمعات التي تعاني قصور اللكتاز المرور بهذه النقلة؟ لأن حساسية اللاكتوز ليست منتشرة على مستوى العالم، ولأنها نسبية أكثر من كونها مُطلَقة، فليس لدى أربعة أخماس اليابانيين أية مشكلة في شرب كوب من الحليب في اليوم، وهو ما يمكن ترجمته إلى مُعدَّل استهلاك سنوي يساوي 70 لترًا - أي أكثر من المتوسط الأمريكي الأخير!

وتقضي عملية التخمير على مزيد من اللاكتوز بالتدريج، حيث تحتفظ الأنواع الطازجة من الأجبان (مثل جبن ريكوتا) بأقل من ثلث نسبة اللاكتوز الموجودة في الحليب، ولا تحتوي الأنواع الصلبة (كالشيدر والبارميجيانو ريجيانو) إلا على مقدار ضئيل منه. وبينما يحتفظ الزبادي تقريبًا بالنسبة الأصلية كلها من اللاكتوز، تُسهِّل إنزيماته البكتيرية الهضم؛ ومن ثم فإن الحليب، وهو الطعام المثالي للأطفال، هو أيضًا الطعام المثالي للجميع، إذا ما استُهلِك باعتدال ... باستثناء من يعانون حساسية اللاكتوز الواضحة.

البيئة..

تدمير عالمنا وحمايته

الحيوانات مقابل الأدوات التي صنعها الإنسان - ما الأكثر تنوعًا؟

ما زال إحصاؤنا للأنواع الحيَّة غير مكتمل، ففي الفترة التي تزيد على 250 عامًا منذ أن أرسى «كارولوس لينيوس» التصنيف الحديث، صنَّفنا نحو 1.25 مليون نوع، ثلاثة أرباعها من الحيوانات، و17 % أخرى من النباتات، والبقية من الفطريات والميكروبات. وهذا هو الإحصاء الرسمي - ومن الممكن أن يكون عدد الأنواع غير المُتعارف عليها حتى الآن أكبر بمرات عديدة.

وتتنوع المصنوعات البشرية على نحو ثري، ورغم أن مقارناتي لا تتضمن فقط تلك الاختراعات التي يُضرب بها المثل مثل الهواتف والسيارات، فإنها ما زالت تكشف ما صنعناه.

وسوف أرسي التصنيف الخاص بي لكل المصنوعات البشرية عن طريق عمل تصنيف مماثل لتصنيف الكائنات الحية، حيث يكافئ مجال التصميمات البشرية كلها مجال حقيقيات النوى (وتشمل كل الكائنات الحية التي تحتوي خلاياها على نواة)، والذي يشمل الممالك الثلاث الكبرى للفطريات، والنباتات، والحيوانات. وأقترح أن مجال كل المصنوعات البشرية، يشمل مملكة التصميمات المُعقَّدة عديدة المكُوِّنات، والتي تكافئ مملكة الحيوانات. وفي داخل المملكة نجد شعبة التصميمات التي تعمل بالكهرباء، والتي تكافئ شعبة الحبليات، وهي

مخلوقات ذات حبل عصبي ظهري. وداخل تلك الشعبة نجد فئة رئيسية هي التصميمات المحمولة، والتي تكافئ الثدييات، وداخل تلك الفئة نجد أدوات الاتصالات، والتي تكافئ الحيتانيات، وهي فئة تضم الحيتان، والدلافين، والخنازير البحرية، كما تضم عائلة الهواتف، والتي تكافئ الدلافين المحيطية.

راس ربط
تجويف سداسي
راس مشقوق
الرؤوس المربعة الثلاثية
رأس الأمان ذو التجويف السداسي
مثلبس
الرأس المتعدد
رأس توركس
بوزيدرايف
أحادي الاتجاه
راس أمان من نوع توركس
رأس مربع
رأس محدد
رأس ثلاثي الأجنحة
روبرتسون
رأس سداسي مزدوج
رأس حساس لعزم الدوران
رأس سداسية
المسمار الأمني الخماسي
رأس البريستول

رؤوس مفكات البراغي: مثال يومي على تنوع التصميم

وتضم الفصائل الأجناس، كفصيلة *الدولفين* (الدولفين الشائع)، و*الأركيات* (الحيتان القاتلة)، و*التريسبو* (الحيتان قارورية الأنف). وبحسب شركة جي إس إم آرينا، التي تشرف على صناعة الهواتف المحمولة، كان هناك في مطلع عام 2019 أكثر من 110 أجناس (علامة تجارية) من الهواتف الخلوية؛ حيث تضم بعض الأجناس نوعًا معينًا وحيدًا - فعلى سبيل المثال، يضم جنس *الأركيات* الأوركا، أو الحوت القاتل وحده - بينما تزخر أجناس أخرى بالأنواع. وفي مجال الهواتف

الخلوية، ليس هناك جنس أكثر ثراءً من شركة سامسونج، التي تضم الآن ما يقرب من 1200 جهاز، تتبعها شركة إل جي بأكثر من 600 جهاز، وموتورولا ونوكيا، وتضم كل منهما نحو 500 تصميم. وبوجه عام، كان هناك في مطلع عام 2019 نحو 9500 «نوع» مختلف من الهواتف المحمولة، ولعل هذا العدد الإجمالي أكبر إلى حد بعيد من التنوع المعروف للثدييات (أقل من 5500 نوع).

وحتى إذا كنا نزعم بأن الهواتف الخلوية هي أشكال متنوعة لنوع وحيد (كالببر البنغالي، والببر السيبيري، والببر السومطري)، فإن هناك أعدادًا كثيرة أخرى توضِّح مدى ثراء تصميماتنا بالأنواع، حيث أوردت الرابطة العالمية للصلب نحو 3500 مرتبة من الصلب، أي أكثر من أنواع الحيوانات القارضة المعروفة كلها. وتُمثِّل البراغي فئةً رئيسيةً أخرى: أضِف كل المجموعات التي تعتمد على خامات البراغي (من الألومنيوم إلى التيتانيوم)، وأنواع البراغي (من البرغي المُلولب إلى برغي الحوائط الجافة، ومن البرغي دون صمولة إلى برغي الألواح المعدنية)، ورؤوس البراغي (من البرغي ذي الرأس المُسطح إلى البرغي ذي الرأس الغاطس)، ومفكات البراغي (من الرأس المشقوق إلى الرأس السداسي، ومن مفك فيليبس إلى مفك روبرتسون)، وسيقان ورؤوس البراغي (من الرأس غير المدبب إلى الرأس المخروطي)، وأبعاد البراغي (بالمتر وغيره من الوحدات)، وتحصل في النهاية على ملايين كثيرة من «الأنواع» المحتملة للبراغي.

ومن ناحية أخرى، تفوقنا أيضًا على الطبيعية في نطاق العدد، حيث يزن أصغر الثدييات البرية، زباب سافي القزم، 1.3 جرام، بينما يصل متوسط أكبرها، الفيل الأفريقي، إلى نحو 5 أطنان، أي أن الفرق بين وزنيهما 6 قيم أُسية تقريبًا. ويعادل وزن المحركات الهزازة للهواتف

الخلوية التي يتم إنتاجها على نطاق واسع وزن ذباب سافي القزم، بينما أكبر ضواغط الطرد المركزي التي تعمل بالمحركات الكهربائية تزن نحو 50 طنًا، أي أن الفرق بين وزنيهما 7 قيم أسية.

ويزن أصغر طائر، طائر النحلة الطنّان، نحو 2 جرام، بينما يمكن لأكبر طائر قادر على الطيران، كندور الأنديز. أن يصل وزنه إلى 15 كيلوجرامًا، أي أن الفرق بين وزنيهما 4 قيم أسية. وتزن الطائرة المُسيَّرة المصغرة اليوم 5 جرامات، وفي المقابل تزن الطائرة إيرباص 380 كاملة العدد 750 طنًا - أي أن الفرق بين وزنيهما 8 قيم أسية.

ولتصميماتنا ميزةٌ وظيفية رئيسية: إذ يمكنها العمل والصمود بمفردها بدرجة كبيرة، على عكس أجسامنا (وأجسام الحيوانات كلها)، التي تعتمد على الميكروبيوم الفعّال: إذ يوجد من الخلايا البكتيرية في أحشائنا قدر ما يوجد من خلايا في أعضائنا على الأقل. وهذه هي الحياة بالنسبة لك.

كوكب الأبقار

حاولت على مدى سنوات أن أتخيل كيف قد تبدو الأرض لمسبار شامل وفاحص مُرسَل من الكائنات الفضائية بالغة الحكمة، فبالطبع سيتوصل المسبار على الفور، بعد إحصاء كل الكائنات، إلى أن معظم الأفراد إما أنهم مجهريون (كالبكتيريا، والعتائق، والطلائعيات، والفطريات، والطحالب) وإما صغيرة جدًّا (كالحشرات)، لكنه سيتوصل أيضًا إلى أن إجمالي وزنها جميعًا يغلب على الكتلة الحيوية للكوكب.

ولن يكون هذا الاستنتاج مدهشًا بدرجة كبيرة، فما ينقص هذه المخلوقات الدقيقة من حجم تُعوض أكبر منه بالأعداد؛ حيث تحتل الميكروبات كل مكمن محتمل في المحيط الحيوي، بما في ذلك الكثير من البيئات المتطرفة، وتُمثِّل البكتيريا نحو 90 % من الخلايا الحية في الجسم البشري، ونحو 3 % من وزنه الكلي. لكن ما يمكن أن يكون مثيرًا للدهشة هو الصورة التي قد يرسمها المسبار للأشكال المجهرية للحياة الحيوانية، التي تهيمن عليها شُعبتان من الفقاريات - الماشية (*البقر*) والبشر، على التوالي.

وعلى عكس علماء الكائنات الفضائية، لا نحصل على عرض فوري لنتائج المعلومات، ورغم ذلك يمكننا إحصاء الكتلة الحيوانية للماشية والكتلة الحيوية للبشر بدرجة عالية من الدقة، فعدد الحيوانات المُجترة المُستأنسة معروف في كل الدول ذات الدخل المرتفع، ويمكن إحصاء

عددها بشكل منطقي في كل الدول منخفضة الدخل وحتى المجتمعات الرعوية. وقد قدَّرت منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة حجم الماشية على مستوى العالم في عام 2020 بـ1.5 مليار رأس ماشية.

الكتلة الحيوية للبشر والماشية على مستوى العالم عام 2019

متوسط الكتلة، بالكيلوجرامات

50

400

0 100 200 300 400

التعداد السكاني 2020، بالمليارات

7.75

1.5

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

الوزن بالطن، بالملايين

390

600

0 200 400 600

ماشية بشر

يتطلب تحويل هذه الأعداد إلى كتلة حيوانية مُجترة حية تعديل توزيع العمر والجنس؛ حيث تزن الثيران الكبيرة أكثر من 1000 كيلوجرام، وتُذبَح الأبقار الأمريكية عندما يصل وزنها إلى ما يقرب من 600 كيلوجرام، أما الماشية البرازيلية فيتم بيعها في الأسواق بوزن أقل من 230 كيلوجرامًا، وتزن الواحدة من ماشية جير الهندية الشهيرة من سلالة أبقار الألبان أقل من 350 كيلوجرامًا عند تمام البلوغ. ويكون التقدير التقريبي الجيد بافتراض أن متوسط كتلة الجسم بحسب الوزن لكل من الجنس والعمر هو 400 كيلوجرام، وهذا يعني أن إجمالي الكتلة الحيوانية للماشية الحية نحو 600 مليون طن.

وبالمثل، عند حساب إجمالي الكتلة البشرية من الضروري مراعاة أعمار وأوزان أجسام الأفراد، فتعداد الأطفال في الدول منخفضة الدخل أكبر كثيرًا منه في الدول الثرية (في عام 2020، بلغت نسبة الأطفال في أفريقيا نحو 40 % مقارنة بنحو 15 % في أوروبا)، وفي الوقت نفسه، تتراوح مُعدَّلات أصحاب الوزن الزائد والسمنة من نسبة ضئيلة (في إفريقيا) إلى 70 % من البالغين (في الولايات المتحدة). ولهذا أستخدمُ متوسطات معينة للقارات المختلفة، مُستمدة من البيانات المتاحة حول عمر وجنس الأفراد، وكذلك دراسات علم القياسات البشرية ومنحنيات النمو للدول المُمَثِّلة. وينتج عن هذا التعديل المُعقَّد متوسط وزن يصل إلى نحو 50 كيلوجرامًا للفرد، علمًا بأن إجمالي التعداد البشري 7.75 مليار نسمة، واقتراب الكتلة الحيوية البشرية على مستوى العالم من 390 مليون طن عام 2020.

وهذا يعني أن الكتلة الحيوانية للماشية الآن أكبر بنسبة 50 % من الكتلة الحيوية البشرية، وأن الوزن الحي للنوعين معًا يقترب كثيرًا من المليار طن. وحتى أكبر الثدييات البرية يبلغ مجموعها فقط كسرًا

عدديًا صغيرًا من تلك الكتل: فإجمالي الكتلة الحيوانية للـ350,000 فيل الموجودة في إفريقيا، والتي يبلغ متوسط وزن جسم الواحد منها 280 كيلوجرامًا، أقل من مليون طن، أي أقل من 0.2 % من الكتلة الحيوانية للماشية. وبحلول عام 2050 سيكون هناك 9 مليارات نسمة، وسيكون هناك على الأرجح، 2 مليار رأس ماشية؛ ما يزيد من هيمنتها الساحقة على كوكب الأرض.



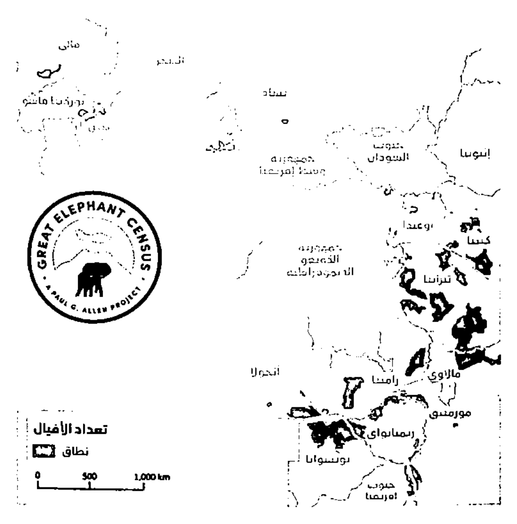
وفيَّات الأفيال

إن الأفيال الإفريقية هي أضخم الثدييات الأرضية في العالم: إذ يمكن للذكر البالغ أن يزن ما يزيد على 6000 كيلوجرام، وتزن الأنثى في المتوسط نصف هذا الرقم تقريبًا، بينما يزن الفيل حديث الولادة نحو 100 كيلوجرام، وهي كائنات اجتماعية، وذكية، ويُضرَب بها المثل في سعة الذاكرة، كما أنها مدركةٌ للموت بدرجة مخيفة، ويظهر هذا على سلوكها الملحوظ عندما تصادف عظام أسلافها، فتتوقف طويلًا في مثل هذه المواقع، وتتحسَّس رفات الأفيال الميتة. ورغم أن عظامها تظل في إفريقيا، كثيرًا ما تنتهي الحال بأنيابها لتستخدم في صنع مفاتيح البيانو أو التحف العاجية التي ما زلت تراها أحيانًا على رفوف الموقد.

وقد اعتاد المصريون القدماء صيد الأفيال، واستغلها القرطاجيون في حروبهم مع روما حتى انقرضت أخيرًا في شمال إفريقيا، وظلت هناك وفرة منها في إفريقيا جنوب الصحراء فقط. وكانت أفضل التقديرات المتاحة للقدرة الاستيعابية القصوى للقارة (بما في ذلك أفيال الغابة الأصغر حجمًا) نحو 27 مليون حيوان في مطلع القرن الـ 19، وربما كان عددها الفعلي يقترب من 20 مليونًا، أما اليوم فهناك أقل من مليون حيوان منها.

وتشير إعادة تمثيل تجارة العاج القديمة إلى تدفق ثابت حتى عام 1860 كان مقداره نحو 100 طن في السنة، ثم زيادة بمقدار

خمس مرات بعد عام 1900 مباشرة، وقد انهارت هذه التجارة خلال الحرب العالمية الأولى، ثم ازدهرت لفترة وجيزة قبل انهيار آخر نتج عن الحرب، وبعدها استكملت نهضتها، لتصل إلى ذروة ازدهارها بأكثر من 900 طن في السنة بحلول ثمانينيات القرن الـ 20. وقد دمجتُ هذه المُعدَّلات المتقلِّبة وتوصلت إلى حذف إجمالي لـ55,000 طن من العاج خلال القرن الـ 19، و40,000 طن على الأقل خلال القرن الـ 20.



أماكن وجود الأفيال الإفريقية حتى الآن

وتُترجم الكتلة الأخيرة إلى ذبح 12 مليون فيل على الأقل، وليست هناك تقديرات منهجية دقيقة متاحة قبل عام 1970 لأية أفيال ناجية، وتشير التقديرات على مستوى القارة إلى تناقص ثابت خلال العقود الأخيرة للقرن الـ 20. وقد اعتمد مشروع إحصاء الفيلة الكبير، وهو مشروع من تمويل المؤسس المشارك الراحل لشركة مايكروسوفت «بول ألين»، على المسوحات الجوية لنحو 80 % من نطاق وجود فيل السافانا. وعند انتهائه في عام 2016، بلغ التعداد النهائي 352.271 فيلًا، وهو أقل بنسبة 30 % من أفضل تقديرات منتصف ثمانينيات القرن الـ 20.

وهناك خبرٌ آخر مُحبطٌ بشدة: فقد انخفض تعداد الأفيال في موزمبيق بمقدار النصف في الفترة ما بين عامي 2009 و2014، إلى 10000 فيل، وقُتِل أكثر من 85.000 فيل تنزاني على مدار السنوات الخمس نفسها، لينخفض التعداد الكلي مِمَّا يقرب من 110.000 فيل إلى 43.000 فيل فقط (ويعادل الفرق نسبة 5 % سنوية من مُعدَّل المواليد). وقد تعقَّب تحليل جديد للحمض النووي أُجري في الفترة ما بين عامي 1996 و2014 على كميات كبيرة مُصادَرة من العاج نحو 85 % من عمليات القتل غير المشروعة في شرق إفريقيا، وعلى رأسها محمية سيلوس جام التي تقع في جنوب شرق تنزانيا، ومحمية نياسا في شمال موزمبيق، وآخرها في وسط تنزانيا أيضًا.

ويقع معظم اللوم على الطلب المستمر من قبل الصين على العاج، الذي يتم تحويل الكثير منه إلى منحوتات رخيصة، من بينها التماثيل المُصغَّرة لـ«ماو تسي تونغ»، الرجل المسئول عن المجاعة الأعظم في التاريخ البشري. لكن أخيرًا نجح الضغط الدولي أخيرًا، وحظرت الحكومة الشعبية المركزية تجارة العاج كلها وأنشطته التصنيعية اعتبارًا من نهاية عام 2017، وهو ما كانت له بعض الآثار الإيجابية، لكن السُّيَّاح

الصينيين ما زالوا يشترون المصنوعات العاجية عند سفرهم إلى الدول المجاورة.

وإذا كانت عمليات الذبح يجب أن تتوقف، فإن بعض الأقاليم الإفريقية قد تواجه مشكلةً جديدة، وهي مشكلةٌ واضحةٌ منذ سنوات في أجزاء من جنوب إفريقيا: فرط تعداد الأفيال، إذ ليس من السهل التحكم في أعداد متزايدة من حيوانات ضخمة يمكن أن تكون مُدمِّرة، خاصةً تلك التي تعيش بالقرب من المزارعين ورعاة الماشية.

لماذا يمكن أن تكون الدعوات إلى العصر الأنثروبوسيني سابقة لأوانها؟

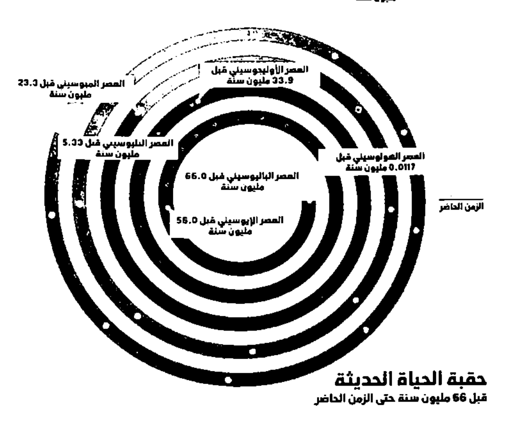
يزعم الكثير من المؤرخين والعلماء أننا نعيش في عصر الأنثروبوسين، وهي حقبةٌ جديدةٌ تتميز بالسيطرة البشرية على المحيط الحيوي، فقد صوّتت مجموعة عمل الأنثروبوسين في شهر مايو من عام 2019 رسميًّا للاعتراف بهذه الحقبة الجيولوجية الجديدة، وسوف تنظر اللجنة الدولية للطبقات الجيولوجية المعنية بتحديد أسماء الحقب في هذا الاقتراح.

وتتشابه ردة فعلي مع ردة فعل الرومان التي كانت تتسم بالتأني وعدم التعجل.

ولكي أكون واضحًا، لا شك في تغلغل تدخلنا في الدورات الحيوية الجيولوجية الكيميائية العالمية والخسارة في التنوع البيولوجي، والتي تُنسب لأفعال البشر: التخلُّص من الكم الهائل من النفايات، وإزالة الغابات على نطاق واسع، وتعرية التربة بشكل متسارع، وانتشار التلوث على مستوى العالم بسبب أعمال الفلاحة، والمدن، والصناعات، والنقل. وبالجمع بين هذه الأفعال كلها، نجد أن هذه الآثار التي هي من صنع البشر غير مسبوقة، وأنها تتم على نطاق قد يُهدِّد مستقبل نوعنا.

لكن هل سيطرتنا على مصير الكوكب مُحكَمةٌ فعلًا؟ هناك وفرة من الأدلة النافية لهذه السيطرة، فالمُتغيِّرات الأساسية التي تجعل الحياة على كوكب الأرض ممكنة - كالتفاعلات النووية الحرارية التي تزود

الشمس بالطاقة، وتغطية الكوكب بالإشعاع، وشكل الكوكب، ودورانه، وميله، وتغير مساره المداري («ناظمة» العصور الجليدية)، ودوران غلافه الجوِّي - كلها تفوق حدود التدخل البشري، كما لا يمكننا أن نأمل أبدًا في السيطرة على عمليات إعادة التأهيل الأرضي الهائلة - فالصفائح التكتونية للأرض، التي تتحرك بفعل حرارة باطن الأرض، وينتج عن ذلك تكوُّن بطيء، لكنه مستمر، لقيعان محيطات جديدة، تُشكِّل، وتعيد التشكيل، وترفع كتل اليابسة التي يُعد توزيعها وارتفاعها عن سطح البحر من العوامل الحاسمة الرئيسية في تغيُّر المناخ وصلاحيته.



العصور الجيولوجية والعصر الأنثروبوسيني

لماذا يمكن أن تكون الدعوات إلى العصر الأنثروبوسيني سابقة لأوانها؟

وبالمثل، فإننا مجرد متفرِّجين، نشاهد الثورات البركانية، والزلازل الأرضية، والتسونامي، وهي التوابع الثلاثة الأعنف لحركة الصفائح التكتونية. ويمكننا العيش مع ظهورها المتكرِّر والمعتدل، لكن نجاة بعض من أكبر مدن العالم - أبرزها طوكيو، ولوس أنجلوس، وبكين - يتوقف على عدم وقوع الزلازل الأرضية الضخمة، كما يمكن انتهاء الحضارة الحديثة بفعل الثورات البركانية الهائلة. وحتى إذا لم يكن قياس الزمن من الناحية الحضارية لا الجيولوجية، فإننا لا نزال نواجه تهديدات لا يُستهان بها من الكويكبات المُدمِّرة للأرض التي قد نستطيع التنبؤ بمسارها، لكن لا يمكننا تغييره.

قد تكون احتمالات وقوع هذه الأحداث في أي سنة من السنوات غير واردة بدرجة كبيرة، لكن نظرًا إلى قوتها التدميرية الهائلة؛ فإن تأثيرها غير مسبوق في التاريخ البشري. وليست لدينا طريقةٌ فعالة لنتعامل معها، لكن لا يمكننا التظاهر بأنها ستكون - على المدى الطويل - أقل أهمية من خسارة الأنواع الغابية أو احتراق الأشكال المختلفة للوقود الأحفوري.

إلى جانب ذلك، لِمَ نندفع لترقية أنفسنا لمكانة صانعي عصر جيولوجي جديد بدلًا من الانتظار قليلًا لمعرفة إلى أي مدى يمكن للتجربة التي أجراها *الإنسان* أن تستمر؟ فقد استمرت كلٌّ من الحقب الست المنصرمة وصولاً لعصر الحياة الحديثة - من بداية العصر الباليوسيني قبل 66 مليون سنة وحتى بداية العصر الهولوسيني قبل 11700 سنة - مدة 2.5 مليون سنة على الأقل، بما في ذلك العصران السابقان (العصر البليوسيني والعصر البليستوسيني)، ونحن قطعنا أقل من 12000 سنة في العصر الهولوسيني. وفي الحقيقة إذا كان هناك عصر أنثروبوسيني، فربما تعود بدايته إلى 8000 سنة ليس أكثر (حيث يبدأ

العد منذ بداية الزراعة المستقرة) أو 150 سنة (حيث يبدأ العد منذ بداية اختراع الآلات التي تعمل من خلال حرق الوقود الأحفوري).

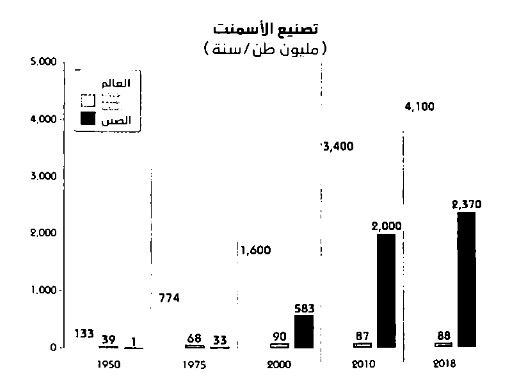
وإذا كنا سنستطيع البقاء لمدة 10,000 سنة أخرى - وهي فترة عادية بالنسبة لقُرَّاء الخيال العلمي، ودهرٌ كامل للحضارة الحديثة المُفعمة بالطاقة - سيكون علينا تهنئة أنفسنا بتسمية العصر الذي شكلته أفعالنا، لكن في الوقت الحالي، دعونا ننتظر قبل أن نُقرِّر ما إذا كان الأثر الذي تركناه على سطح هذا الكوكب أكبر من مجرد طبقة مُصفَّرة في السجل الجيولوجي.

حقائق عن الخرسانة

اخترع الرومان القدماء الخرسانة، وهي خليط من الركام الصخري (الرمل والحصى المسحوق)، والماء، ومادة رابطة، وأطلقوا عليها *opus cementitium* أو الخرسانة الرومانية، ولم تكن مادة البناء هذه المُستخدمة على نطاق واسع تحتوي على أي أسمنت حديث (الذي يُصنع من الجير المُطفأ، والطمي، وأكاسيد معدنية يتم إشعال النيران فيها داخل أفران دوارة تحت درجة حرارة عالية ثم يتم طحنها حتى الحصول على مسحوق ناعم) ولكن كانت تحتوي بدلًا من ذلك على خليط من الجص والجير الحي، وكان أفضل نوع منه يُصنع من الرمل البركاني من مدينة بوتسوولي الإيطالية المُقامة على منطقة بركانية بالقرب من جبل فيزوف. وعندما أُضيف إليها الأسمنت، نتج عن ذلك مادة مميزة مناسبة للقباب الضخمة (كمبنى البانتيون الروماني 118-126 م، الذي يظل القبة الأكبر في العالم غير المُدعمة بالخرسانة) وكذلك البناء تحت الماء في كثير من الموانئ حول البحر المتوسط، بما في ذلك مدينة قيساريَّة القديمة (التي تقع في إحدى دول الشرق الأوسط).

وقد بدأ تصنيع الأسمنت الحديث عام 1824، عندما حصل «جوزيف أسبدين» على براءة اختراع إشعال النار في الحجر الجيري والطمي تحت درجات حرارة مرتفعة. وينتج عن تحوُّل مادتي أكسيد الألومنيوم والسيليكا إلى مادة صلبة لا بلورية (التزجيج، وهي العملية

نفسها التي يتم من خلالها تصنيع الزجاج) عقد أو كُتل من الآجُرّ الزجاجي الذي يتم طحنه للحصول على الأسمنت. ثم يتم خلط الأسمنت بالمياه (بنسبة 10-15 % من الكتلة النهائية) والركام الصخري (الرمل والحصى، بنسبة 60-75 % من الكتلة النهائية) لتصنيع الخرسانة، وهي مادة قابلة للتشكيل تُقوَّى بالضغط وتضعف بالشد.



يمكن تخفيف الضعف بالشد عن طريق التدعيم بالفولاذ، حيث جرت أولى محاولات هذه العملية في فرنسا مطلع ستينيات القرن الـ 19، لكن لم يبدأ العمل بهذه التقنية إلا في ثمانينيات القرن نفسه؛ حيث كان القرن الـ 20 هو عصر الخرسانة المُسلَّحة. وفي عام 1903، أصبح مبنى إنجولز بمدينة سينسيناتي أول ناطحة سحاب من الخرسانة المُسلَّحة

في العالم، وفي الثلاثينيات، بدأت مجموعة من المهندسين المعماريين تستخدم الخرسانة مُسبقة الإجهاد (مع أسلاك أو أشرطة الصلب المشدودة)، ومنذ عام 1950 بدأ العمل بهذه المادة في تشييد المباني بكل الارتفاعات والوظائف، وبينما يُعد برج خليفة في دبي الأطول في العالم، فإن دار أوبرا سيدني المبنية على شكل شراع للمهندس المعماري «يورن أوتسون»: ربما تكون التطبيق المرئي الأكثر إبهارًا لهذه المادة. وقد أتاحت الخرسانة المُسلَّحة بناء السدود الكهرومائية الضخمة: أكبرها سد الممرات الثلاثة في الصين، وهو أكبر بثلاث مرَّات من سد كولي الكبير أكبر السدود في أمريكا. وتُعد الجسور الخرسانية أيضًا شائعة: إذ يُعد جسر نهر بيبان حاليًا هو أطول جسر قوسي خرساني في العالم، ويُمَثِّل ممرًا بطول 445 مترًا بين محافظتين صينيتين. لكن غالبًا ما يتم توظيف الخرسانة على نحو غير لافت للنظر، في شكل مليارات من روابط السكك الحديدية، والطرق المرصوفة، والطرق السريعة، ومواقف السيارات، والموانئ، ومدرجات الهبوط بالمطارات، وممرات التدريج.

لقد زاد استهلاك الولايات المتحدة من الأسمنت في الفترة ما بين عامي 1900 و1928 عشرة أضعاف ليصل إلى 30 مليون طن، ثم زاده التوسع الاقتصادي الذي تلا الحرب (بما في ذلك إنشاء نظام الطرق السريعة بين الولايات، الذي يتطلب نحو 10.000 طن من الخرسانة لكل كيلومتر واحد) إلى ذروته، ليصل إلى نحو 128 مليون طن بحلول عام 2005، بينما وصلت آخر المُعدَّلات إلى أقل من 100 مليون طن في السنة.

وقد أصبحت الصين المُنتِج الأكبر في العالم للخرسانة عام 1986، ويُمثِّل إنتاجها من الأسمنت الآن - أكثر من 2.3 مليار طن عام 2018 - نحو 60 % من الإجمالي العالمي، وتتضح الجهود الصينية غير

المسبوقة في الإنشاء بالدرجة الأكثر إبهارًا في أنها قد أنتجت في العامين الأخيرين فقط من الأسمنت (نحو 4.7 مليار طن) أكثر مما أنتجته الولايات المتحدة على مدار القرن الـ 20 كله (نحو 4.6 مليار طن)!

لكن الأسمنت ليس مادة يمكنها الصمود إلى الأبد، ولعل الصمود غير الاعتيادي لمبنى البانتون حتى الآن استثناءٌ نادر، حيث تتدهور الخرسانة في ظل كل الظروف المناخية، وتتسارع عملية تدهورها بفعل عوامل تتنوع ما بين ترسُّب الأحماض حتى الاهتزاز، ومن زيادة التحميل البنيوي إلى التآكل بفعل الأملاح، وفي الأوساط البيئية الدافئة والرطبة، يؤدي نمو الطحالب إلى اسوداد الأسطح المكشوفة منها. ونتيجةً ذلك، أدى الاستخدام المُوسَّع للخرسانة عام 1950 في العالم إلى عشرات المليارات من الأطنان من هذه المادة التي إما ستُمحى وإما تتدمر (أو تُهجَر ببساطة) في العقود المقبلة.

ويُمثِّل الأثر البيئي لهذه المادة مصدرًا آخر من مصادر القلق، حيث يمكن السيطرة على تلوث الهواء (بفعل جُسيمات الغبار الدقيقة) الناتج عن تصنيع الأسمنت عن طريق مرشحات القماش، لكن تظل الصناعة نفسها (التي تتضمن حرق الأنواع الأقل جودة من الوقود كالفحم منخفض الجودة أو كوك النفط) مصدرًا كبيرًا لثاني أكسيد الكربون، الذي ينبعث منه طنٌ تقريبًا لكل طن من الأسمنت. وعلى سبيل المقارنة، يَنتُج عن تصنيع طن من الفولاذ انبعاث نحو 1.8 طن من ثاني أكسيد الكربون.

إن تصنيع الأسمنت الآن مسئول عن نحو 5 % تقريبًا من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الوقود الأحفوري في العالم، لكن يمكن خفض بَصْمَتِه الكربونية بتطبيق عدد من الإجراءات المختلفة؛ حيث يمكن إعادة تدوير الخرسانة القديمة، وإعادة استخدام المسحوق منها في أعمال البناء. وأيضًا يمكن أن تحل مخلفات أفران الصهر أو الرماد المتطاير

الذي تم جمعه من محطات الطاقة التي تعمل بالفحم محل بعض كمية الأسمنت عند خلط الخرسانة. كما أن هناك العديد من العمليات الجديدة منخفضة الكربون أو الخالية من الكربون لتصنيع الأسمنت، إلا أن هذه البدائل لن تُحدِث إلا فارقًا ضئيلاً في المُعدَّل السنوي للإنتاج العالمي الذي يزيد الآن على 4 مليارات طن.

ما الأكثر إضرارًا بالبيئة: سيارتك أم هاتفك المحمول؟

للإحصائيات الواردة عن توليد الطاقة مصداقيتها الكبيرة، بينما يصعب الإتيان بإحصائيات دقيقة عن استهلاكها على مستوى القطاعات الكبرى، والبيانات الواردة حول الطاقة المُستهلكة في إنتاج سلع معينة أقل مصداقية، فمثل هذه الطاقة المُجسَّدة في السلع هي جزء من الثمن البيئي الذي ندفعه لكل ما نملكه ونستخدمه.

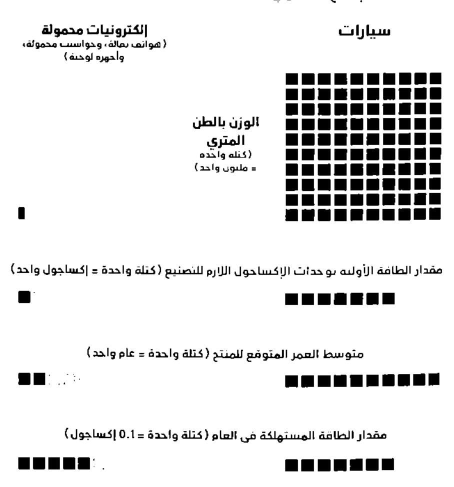
ولا يعتمد تقدير الطاقة المُجسَّدة في السلع التي تم الانتهاء من تصنيعها على حقائق مُسلَّم بها فقط - إذ تحتوي السيارة على كثير من الصلب، ويحتوي الكمبيوتر على الكثير من الرقائق الإلكترونية المُدمجة- بل أيضًا على التبسيطات الحتمية والافتراضات الضرورية للتوصل إلى المُعدَّلات الإجمالية، فأي طراز من السيارة؟ وأي كمبيوتر أو هاتف محمول؟ حيث يكمن التحدي في اختيار مُعدَّلات منطقية ونموذجية، وتكون ثمرة هذا الاختيار هي كسب منظور جديد للعالم المادي الذي هو من صنع الإنسان.

ولنركِّز على الهواتف المحمولة والسيارات؛ لأن الهواتف المحمولة هي الوسيلة الأساسية للتواصل الفوري، والحصول على عدد غير محدود من المعلومات، ولأن البشر لا يزالون يحتاجون إلى التنقل باستخدام السيارات في العالم المادي.

ما الأكثر إضرارًا بالبيئة: سيارتك أم هاتفك المحمول؟

من الواضح أن السيارة التي تزن 1.4 طن (وزن السيارة هوندا أكورد إل إكس تقريبًا) تُجسِّد كمًّا من الطاقة أكثر من الـ140 جرامًا التي تُجسِّدها الهواتف الذكية (كهاتف سامسونج جالاكسي مثلًا)، ولكن الفارق في مقدار الطاقة لا يقترب على الإطلاق من الفارق في مقدار الكتلة الذي يصل إلى 10.000 ضعف.

معدل الإنتاج السنوي 2020: الطاقة الأولية مقابل الوزن



وفي عام 2020، يُفترض أن يبلغ حجم مبيعات الهواتف الخلوية على مستوى العالم نحو 1.75 مليار، وأن يبلغ حجم مبيعات أجهزة الحوسبة المحمولة (من حواسيب محمولة، وحواسيب المفكرة، وأجهزة لوحية) نحو 250 مليونًا، ويصل إجمالي وزن هذه الأجهزة مجتمعة إلى نحو 550.000 طن. وبفرض - بشكل مُتحفِّظ - أن متوسط مُعدَّل الطاقة المُجسَّدة هو 0.25 جيجا جول لكل هاتف، و4.5 جيجا جول لكل حاسوب محمول، و1 جيجا جول لكل جهاز لوحي، يتطلب الإنتاج السنوي لهذه الأجهزة نحو 1 إكساجول (1810 جول) من الطاقة الأولية - وهو ما يساوي تقريبًا إجمالي الاستهلاك السنوي للطاقة في نيوزيلندا أو المجر. ومع معدل طاقة مُجسدة يقل بدرجة بسيطة عن 100 جيجا جول لكل مركبة، تُجسِّد الـ75 مليون مركبة المبيعة في 2020 نحو 7 إكساجول من الطاقة (أي أكثر بنسبة طفيفة من الاستخدام السنوي للطاقة في إيطاليا) وتزن نحو 100 مليون طن. ومن ثم، يزيد وزن السيارات الجديدة على وزن الإلكترونيات المحمولة كلها بـ180 مرة، لكنها تتطلب من الطاقة سبعة أضعاف ما تتطلبه الإلكترونيات المحمولة فقط لصنعها.

وبقدر ما يمكن أن يكون هذا مذهلًا، يمكننا عقد مقارنة أكثر إدهاشًا؛ فلا تصمد الإلكترونيات المحمولة طويلًا - عامين في المتوسط - ومن ثم يُجسِّد الإنتاج السنوي لهذه الأجهزة على مستوى العالم نحو 0.5 إكساجول في السنة من استهلاك الطاقة. ولأن سيارة الرُّكَّاب تصمد عادةً لعقد من الزمان على الأقل؛ يُجسِّد مُعدَّل التصنيع السنوي لها 0.7 إكساجول في السنة من استهلاك الطاقة - أي 40 % فقط أكثر من الإلكترونيات المحمولة! وأود أن أضيف أن هذه، بالضرورة، مجرد حسابات شديدة التقريب - لكن حتى إذا كانت هذه النسب الإجمالية التقريبية تسير في اتجاه معاكس (أي، إذا كان تصنيع السيارة يُجسِّد فعليًا قدرًا

من الطاقة أكبر من المحسوب، وكان تصنيع الإلكترونيات يتطلب قدرًا أقل)، تظل المُعدَّلات الإجمالية العالمية متشابهة بدرجة مدهشة، ولا يزيد الفارق المُحتمَل على الضعف. وبالنظر إلى المستقبل، قد يقترب المُعدَّلان الإجماليان بعضهما من بعض بصورة أكبر: فقد تباطأ أخيرًا حجم المبيعات السنوية لكل من السيارات والهواتف المحمولة، لكن لا يبدو المستقبل واعدًا بشكل كبير فيما يخص محركات الاحتراق الداخلي.

وتختلف تكلفة طاقة تشغيل هذين الصنفين من الأجهزة كثيفة الاستهلاك للطاقة فيما بينها بدرجة كبيرة؛ حيث تستهلك سيارة الرُّكَّاب الأمريكية المُدمجة نحو 500 جيجا جول من وقود السيارات على مدار عقد من مدة عملها، أي 5 أضعاف تكلفة طاقتها المُجسَّدة، بينما يستهلك الهاتف الذكي 4 كيلووات ساعة فقط من الكهرباء سنويًّا، وأقل من 30 ميجا جول طيلة مدة عمله التي تبلغ عامين - أو 3 % فقط من تكلفة طاقته المُجسَّدة إذا كانت الكهرباء مُتوَلِّدة من توربين رياح أو خلية ضوئية. وتزيد هذه النسبة إلى نحو 8 % إذا كانت الطاقة مُتوَلِّدة من حرق الفحم، وهي عملية أقل كفاءة.

لكن لا قيمة للهاتف الذكي من دون شبكة اتصال، كما أن تكلفة إمداد هذه الشبكة بالكهرباء مرتفعةٌ وفي زيادة، وتتعارض التوقُّعات فيما يتعلق بمعدَّل الزيادة القادم (أو فيما يتعلق بالاستقرار المُحتمل نتيجة استخدام التصميمات المبتكرة) لكن، على أية حال، فإن هذه الهواتف الصغيرة تترك إجمالاً بصمتها في ميزانية الطاقة - والبيئة.

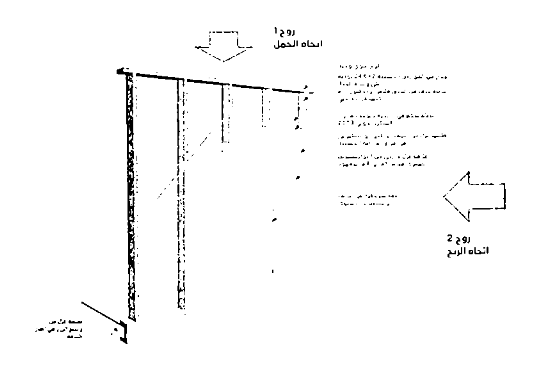
من صاحب العزل الأفضل؟

كثيرًا ما تؤدي الانطباعات الأولى إلى استنتاجات خطأ، أتذكر جيدًا حين تلقيت ترحيبًا دافئًا في منزل أحد سفراء أوروبا في أوتاوا، ثم في الجملة التالية مباشرةً قيل لي إن هذا المنزل مثالي في تحمل الشتاء الكندي؛ لأنه مبني من الطابوق الحقيقي والحجارة - لا كتلك الأشياء الخشبية الهشة في أمريكا الشمالية ذات الجدران الجوفاء، ليغير بعدها مُضيفي الموضوع بكل سلاسة، وعلى أية حال، لم أجرؤ على التقليل من إمكانات العزل التي يتمتع بها المنزل الأنيق.

يسهل فهم الخطأ، لكن الكتلة والكثافة مؤشران للمتانة أفضل من إمكانية العزل، فالجدار المبني من الطابوق يبدو أكثر صلابة وحماية من الجدار المبني من العوارض الخشبية ذات المسافات الضيقة فيما بينها، والمُغطاة من الخارج بطبقة رقيقة من الخشب الرقائقي والألومنيوم، ومن الداخل بحائط ضعيف جاف من الجص؛ إذ لا يمكن للرجال الأوروبيين الغاضبين أن يخرقوا جدران الطابوق.

وقبل عقود مضت، عندما كان برميل النفط يُباع بـ2 دولار، لم تكن معظم المنازل المبنية قبل عام 1960 في أمريكا الشمالية تعزل البرودة بأكثر من التجويف الهوائي بين الخشب الرقائقي والحائط الجاف، وأحيانًا ما كان هذا التجويف يُملأ بنشارة الخشب أو قصاصات الورق

المُمزَّق، لكن الجدير بالملاحظة أنه حتى ذلك المزيج الضعيف كان ذا قدرة على العزل تفوق قدرة الطابوق المتين.



عزل الجدار

تُقاس قيمة العزل من حيث قيمة المقاومة الحرارية، ولا تعتمد فقط على تركيب، وسُمك، وكثافة العزل، بل أيضًا على درجة الحرارة والرطوبة بالخارج. فالحائط المحاط بإطار والمبني منذ عام 1960 يتبع تقريبًا قيم المقاومة الحرارية التالية: غلاف ألومنيوم (0.6)، وطبقة رقيقة من الخشب الرقائقي (0.5)، وتجويف هوائي (0.9)، وحائط جاف (0.5)، وهذا كله بإجمالي 2.5. بينما الطابوق القياسي (0.8) المكسو بالجص على كلا الجانبين لا يزيد على 1.0. ومن ثم؛ فحتى تصميم الجدران السائد في أمريكا الشمالية يجعل الجدار معزولًا مرتين على الأقل أكثر من الطابوق الأوروبي المكسو بالجص.

وبمجرد أن بدأت أسعار الطاقة ترتفع، وطُبِّقت قوانين بناء أكثر منطقية في أمريكا الشمالية، صار لزامًا تضمين حواجز بلاستيكية وألياف زجاجية – وهي أسطوانات شبيهة بالوسائد يمكن حشوها بين الأطر أو العوارض الخشبية وبين بعضها. وكانت قيم المقاومة الحرارية الأعلى تتحقق بسهولة من خلال استخدام عوارض أكثر عُرضًا (2×6) أو، الأفضل منها، العوارض المزدوجة التي تتضمن بناء شطيرة من إطارين، كل منهما محشو بمادة العزل. (في أمريكا الشمالية. يكون الخشب اللين «2×6» فعليًّا 1.5 × 5.5 بوصة. أو 38 × 140 ملليمترًا). وهذا يعني بالنسبة للجدار جيد البناء في أمريكا الشمالية إضافة قيم عزل من حائط جاف (0.5)، وحاجز للبخار مُتعدِّد الإيثيلين (0.8)، وألواح الألياف الزجاجية (20)، وطبقة تغليف من الألواح الليفية (1.3)، وتغليف منزلي بلاستيكي (ماركة Tyvek ThermaWrap مقاس 5)، وكسوة خشبية مشدوفة (0.8)، وبإضافة قيمة عزل طبقة الهواء الداخلية تصل قيمة المقاومة الحرارية الكلية إلى نحو 29.

وقد تحسنت حوائط الطابوق أيضًا، وللحفاظ على المظهر الخارجي المرغوب للطابوق المُلوَّن، يمكن إعادة تهيئة الجدار القديم من الداخل بوضع عوارض خشبية (أشرطة رفيعة للحفاظ على العزل في مكانه) على الجدار الجصِّي الداخلي ولصق لوح الجص المزود بالعزل والمُدمَج مع حاجز بخار لمنع الرطوبة. وبإضافة لوح جصي معزول بسمك 2 بوصة، تتضاعف قيمة المقاومة الحرارية الكلية السابقة 3 مرَّات، لكن مع ذلك، يظل حائط الطابوق القديم المعزول ذا قيمة أُسية أقل من 2×6 مقارنةً بالجدران في أمريكا الشمالية. وحتى الأشخاص الواعون بوجه عام بقيم المقاومة الحرارية لا يتوقعون فارقًا كبيرًا.

ورغم ذلك، لا يمكن لهذا العزل كله العمل بكفاءة إلا إذا لم تكن النوافذ تُسرِّب الحرارة (انظر الفصل التالي).

النوافذ ثلاثية الألواح الزجاجية: حل حقيقي للطاقة

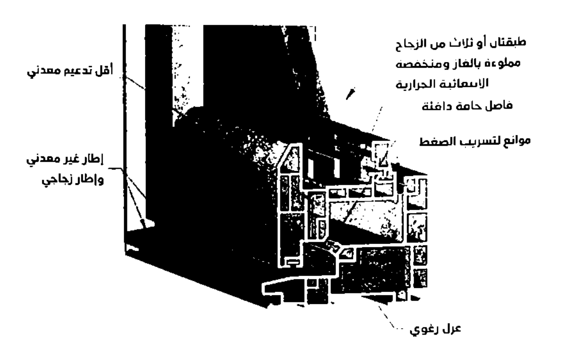
إن البحث عن إصلاحات تقنية غير مُختبرة هو لعنة سياسة الطاقة. اختر ما تشاء: السيارات ذاتية القيادة التي تعمل بالطاقة الشمسية، أو المفاعلات النووية الصغيرة الآمنة بطبيعتها، أو التمثيل الضوئي المُحسَّن وراثيًا.

لكن لماذا لا نبدأ بما أثبتَ فاعليته؟ ولماذا لا نُقلّل ببساطة الطلب على الطاقة، ونبدأ بالمباني السكنية والتجارية؟

في كل من الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي، تُمثِّل المباني نحو 40 % من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية (ويأتي النقل في المرتبة الثانية، بنسبة 28 % في الولايات المتحدة، وحوالي 22 % في الاتحاد الأوروبي). وتُمثِّل التدفئة وتكييف الهواء نصف الاستهلاك السكني، ولهذا فإن أفضل ما يمكننا فعله لميزانية الطاقة هو الحفاظ على التدفئة في الداخل (أو الخارج) من خلال تحسين العزل.

إن الوسيلة الأفضل لتحقيق هذا الغرض هي النوافذ؛ حيث يكون فقدان الطاقة في أعلى مستوياته؛ وهذا يعني أن تتمتع بأعلى درجات الانتقالية الحرارية، التي تُقاس بالوات الذي يمر خلال متر مربع من المادة، ويُقسَّم على فَرْق الحرارة بالكلفن على الجانب الآخر. فمعامل انتقال الحرارة للوح واحد من الزجاج هو 5.7-6 وات لكل متر مربع لكل

درجة كلفن، وللوحين من الزجاج بفاصل 6 مليمترات فيما بينهما (إذ إن الهواء مُوصِّل ضعيف للحرارة) هو 3.3. ويمكن لإضافة طبقات من الزجاج لتقليل مرور الأشعة الحمراء وفوق البنفسجية خفض هذا المُعامل إلى ما بين 1.8 و2.2. كما يمكن لملء المساحة بين الألواح بالأرجون (لتقليل انتقال الحرارة) خفض المُعامل أكثر إلى 1.1. وإذا طبِّقت ذلك على نافذة ذات ثلاث طبقات من الزجاج يسقط المُعامل إلى ما بين 0.6 و0.7، وإذا استبدلت الكريبتون بالأرجون ينخفض المُعامل أكثر إلى 0.5.



عزل نافذة

ويعني هذا خفض الخسارة حتى 99% مقارنةً باللوح الزجاجي الواحد، وفي عالم توفير الطاقة، ليست هناك أية فرص أخرى بهذا الحجم يمكن تطبيقها على مقياس بمليارات الوحدات. وأود أن أضيف شيئًا: وهو أن ذلك قد يجدي نفعًا حقيقيًّا.

وأيضًا هناك عامل راحة، فمع وصول درجة الحرارة الخارجية إلى 18 درجة مئوية (وهي درجة الحرارة الشائعة طوال ليالي شهر يناير في مدينة إدمونتون بمقاطعة ألبرتا الكندية. أو طوال فترة النهار في مدينة نوفوسيبيرسك، بدولة روسيا من الشهر نفسه)، ووصول درجة الحرارة الداخلية إلى 21 درجة مئوية، تصل حرارة السطح الداخلي للنافذة ذات اللوح الواحد من الزجاج إلى نحو درجة مئوية واحدة، وتُسجِّل النافذة الأكثر قدمًا ذات اللوحين الزجاجين 11 درجة مئوية، بينما تُسجِّل النافذة الأفضل ذات الثلاثة ألواح زجاجية 18 درجة مئوية، وعند هذه الحرارة يمكنك الجلوس إلى جوار النافذة بالضبط.

وللنوافذ ذات الألواح الزجاجية الثلاثة الميزة الإضافية لتقليل التكثيف على الزجاج الداخلي عن طريق رفع درجة حرارته فوق درجة التكثُّف، وهذه النوافذ منتشرةٌ بالفعل في السويد والنرويج، بينما في كندا (ذات التكلفة المنخفضة للغاز الطبيعي) فلن تكون إلزامية قبل عام 2030، وكما الحال في كثير من السلطات التي تشرع القوانين الخاصة بالطقس البارد، ما زال المعيار المطلوب مكافئًا للنافذة مزدوجة الألواح الزجاجية مع غطاء واحد منخفض الانبعاثية.

لقد استغرقت الدول باردة الطقس وقتًا طويلًا لمعرفة العزل، وهو ما لم يحدث في المناطق الأدفأ، التي تحتاج إليه الآن في ظل انتشار تكييف الهواء، والجدير بالذكر أنه في ريف الصين وريف الهند لا تزال النوافذ ذات اللوح الزجاجي الواحد هي السائدة. وبالطبع ليس فارق درجات

الحرارة في تبريد الطقس الحار كبيرًا بقدر ما يكون بالنسبة للتدفئة عند خطوط العرض الأعلى، فعلى سبيل المثال، يكون متوسط درجات الحرارة الصغرى منخفضًا في شهر يناير بمنزلي في مانيتوبا، كندا، ليصل إلى 25 درجة مئوية، وهي درجة حرارة تُحدث اختلافًا يقدر بـ 40 درجة مئوية حتى عند إطفاء منظم الحرارة ليلًا. وعلى الجانب الآخر، يعمل تكييف الهواء في كثير من الأقاليم الحارة والرطبة لفترات أطول من فترات عمل المدفأة في كندا أو السويد.

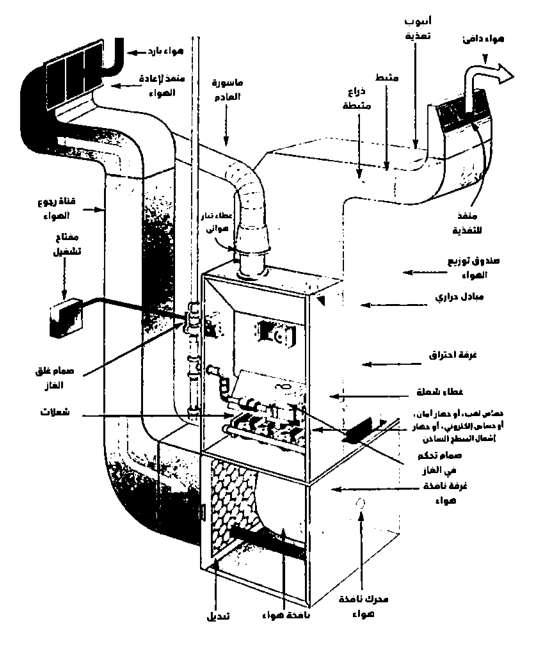
ولا تقبل قوانين الفيزياء الجدال، لكن الغلبة للاقتصاد، فرغم أن تكلفة النوافذ ذات الألواح الزجاجية الثلاثة ربما تزيد على تكلفة النوافذ مزدوجة الألواح الزجاجية بمقدار 15 % فقط، فإن فترات الاستفادة منها أطول بشكل واضح، ويشيع الزعم بأن الانتقال من النوافذ ذات اللوحين إلى النوافذ ذات الثلاثة ألواح غير مُبَرَّر، وهو ما قد يكون صحيحًا إذا تجاهلتَ الراحة المُحسَّنة والتكثيف المنخفض للنافذة - والأهم من هذا كله، حقيقة أن النافذة ذات الألواح الزجاجية الثلاثة ستحافظ على خفض استهلاك الطاقة لعقود آتية.

فلماذا إذن يريد الحالمون إغداق الأموال على تقنيات التحويل المُبهمة التي قد لا تجدي نفعًا والتي قد تكون لها آثار سلبية على البيئة إذا ما طبقوها؟ فما العيب في العزل البسيط؟

تحسين كفاءة التدفئة المنزلية

إذا كانت نماذجنا المناخية صحيحة، وإذا كان علينا الحد من زيادة الاحتباس الحراري إلى درجتين مئويتين (ويُفضَّل إلى 1.5 درجة مئوية فقط) لتجنُّب العواقب الوخيمة المرتبطة بالزيادة الكبيرة في درجات حرارة الكوكب، فسيكون علينا اتخاذ العديد من الخطوات المُبتكرة لتقليل انبعاثات الكربون. وينصَبُّ التركيز عمومًا على آليات جديدة تنتج عنها درجات عالية من الكفاءة - كالصمامات الثنائية الباعثة للضوء - أو التي تُقدِّم أساليب جديدة تمامًا لتحويل الطاقة، كالسيارات الكهربائية. ويُعتبر التوفير كمبدأ حلًّا عمليًّا بشكلٍ أكبر، لكن للأسف (إلى جانب النوافذ ثلاثية الألواح الزجاجية، كما رأينا) هناك أساليب قليلة لمدِّه إلى ما عُرِف لوقت طويل على أنه المُستهلِك الأكبر للطاقة في المناطق الأبرد من العالم: التدفئة المنزلية.

ويحتاج 1.2 مليار شخص تقريبًا إلى تدفئة منازلهم: يعيش نحو 400 مليون شخص في الاتحاد الأوروبي، وأوكرانيا، وروسيا، ويعيش 400 مليون آخرون في أمريكا الشمالية خارج جنوب وجنوب غرب الولايات المتحدة، ويعيش 400 مليون صيني في الأقاليم الشمالية الشرقية، والشمالية، والغربية. وحيثما نظرت تقريبًا تجد أفضل الآليات المتاحة بالفعل بأكفأ ما يمكن من الناحية العملية.



التركيب الداخلي لفرن منزلي يعمل بالغاز الطبيعي

ومن المُذهِل مدى سرعة انتشار الأنظمة الفعالة، فخلال خمسينيات القرن الـ 20، كانت أسرتي تستخدم لتدفئة منزلنا بالقرب من الحدود التشيكية الألمانية، من خلال حرق الأخشاب في المدافئ الثقيلة

المصنوعة من الحديد الزهر، حيث لم تكن كفاءة هذه العملية تتعدى نسبة 33 %، بينما تهرب بقية الحرارة من خلال المدخنة. وفي أثناء فترة دراستي في مدينة براغ أوائل ستينيات القرن الـ 20، كان مصدر الطاقة الشائع في المدينة هو الفحم البني - مصدر إشعال منخفض الجودة - وكانت المدفأة التي أُشعلها تعمل بكفاءة 45 إلى 50 %. وفي أواخر ستينيات القرن نفسه، كنا نعيش في بنسلفانيا في الطابق العلوي لمنزل صغير بإحدى الضواحي كان فرنه القديم يحرق النفط بكفاءة تقدر بنحو 55 إلى 60 %. وفي عام 1973، كان هناك في أول منزل كندي لنا فرن يعمل بالغاز الطبيعي بنسبة كفاءة 65 %، وبعدها بـ17 سنة، في منزل أحدث وأكثر كفاءة، ركّبت فرنًا يعمل بنسبة كفاءة 94 %، لأستبدل بدلًا منها أخيرًا طرازًا آخر يعمل بنسبة كفاءة 97 %.

وقد تشابه تقدُّمي في استخدام الأنواع المختلفة للوقود ونسب الكفاءة مع عشرات الملايين من الأشخاص في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، وبفضل الغاز الطبيعي رخيص الثمن في أمريكا الشمالية واندماج غاز هولندا، وبحر الشمال، وروسيا (الأغلى ثمنًا لكنه متوافر) في أوروبا، أصبح هذا الغاز - الأنظف من بين كل مصادر الوقود الأحفوري - هو ما يعتمد عليه معظم الناس في المناطق الشمالية، بدلًا من الخشب، والفحم، وزيت الوقود. وفي كندا، انتهى تصنيع الأفران متوسطة الكفاءة (78 إلى 84 %) في عام 2009، وصار لزامًا الآن على كل المنازل الحديثة أن تكون لديها أفران عالية الكفاءة (90 % على الأقل)، وقريبًا سيتم تطبيق الأمر نفسه على سائر مناطق الغرب، بينما تدفع زيادة واردات الغاز الصين بالفعل إلى تغيير مصدر الوقود المُستخدم في التدفئة لديها من الفحم إلى الغاز.

سيكون على المكاسب المستقبلية فيما يتعلق بالكفاءة أن تُستمد من مصدر آخر. إنَّ عزل الواجهة الخارجية للمنزل بشكل أفضل (خاصة عن طريق النوافذ الأفضل) هو الخطوة الواضحة (رغم كونها باهظة الثمن غالبًا) الأولى. وقد انتشرت المضخة الحرارية هوائية المصدر التي تُوصِل الحرارة عبر المُبادِل الحراري في أماكن كثيرة، وهي فعّالة ما دامت درجات الحرارة لا تقل عن درجة التجمد، لكنها في الأقاليم الباردة لا تزال بحاجة إلى الدعم في الشتاء. وهناك أيضًا إمكانية التدفئة بالطاقة الشمسية، لكنها لا تجدي نفعًا كبيرًا حيث ومتى كانت هناك حاجة لها، كما الحال في الأجواء المناخية شديدة البرودة، وخلال الفترات المُطوَّلة من الطقس البارد والمُلبَّد بالغيوم، والعواصف الثلجية، والخلايا الشمسية تحت الغطاء الجليدي الكثيف.

هل ستؤدي الحاجة طويلة المدى إلى تقليل الاحتباس الحراري في النهاية إلى شيء بعيد عن تصورنا؟ أقصد أكثر خيار عملي من الناحية الاقتصادية، والذي قد يُقدِّم الإسهام الأكبر والأكثر استدامة لتخفيف عبء الكربون الناتج عن التدفئة: تقليص حجم المنازل. ويمكننا الاستغناء عن المنازل الكبيرة - وهي منازل مبنية على مساحات كبيرة - في أمريكا الشمالية، كما أن الاستغناء عن المنازل المشابهة في المناطق الاستوائية من شأنه أن يوفر التكلفة المقابلة التي تُهدَر حاليًّا على تكييف الهواء. فمن المُستعد لتطبيق هذه الحلول؟

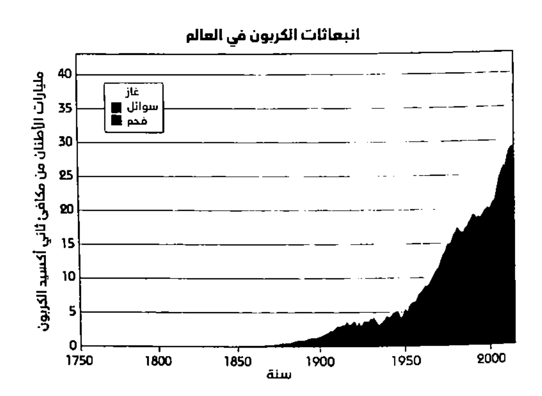
الاصطدام بالكربون

في عام 1896، أصبح العالم السويدي «سفانت أرينيوس» أول من أحصى آثار ثاني أكسيد الكربون الناتج عن نشاط الإنسان على درجات الحرارة في العالم، فقد توصل إلى نتائج تفيد بأن مضاعفة كثافة مستويات الغاز في الجو في زمنه قد ترفع درجة حرارة دوائر العرض المتوسطة بمقدار 5 إلى 6 درجات مئوية، وهو ما ليس ببعيدٍ عن النتائج الأخيرة التي حصلنا عليها من النماذج الحاسوبية التي تنفذ ما يزيد على 200.000 سطر من الأكواد البرمجية.

أجرت الأمم المتحدة أول اتفاقية إطارية بشأن التغير المناخي عام 1992، تبعتها سلسلة من الاجتماعات ومعاهدات المناخ، لكنَّ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في العالم تتزايد هي الأخرى بمعدلات ثابتة.

وفي مطلع القرن الـ 19، عندما كانت المملكة المتحدة هي المُنتِج الوحيد والأهم للفحم، كانت انبعاثات الكربون الناتجة عن احتراق مصادر الوقود الأحفوري في العالم بسيطة، بمُعدَّل أقل من 10 ملايين طن في السنة (وللتعبير عنها بالنسبة لثاني أكسيد الكربون، اضرب هذا المُعدَّل في 3.66). ومع اقتراب نهاية القرن، تجاوز حجم الانبعاثات نصف المليون طن من الكربون، وبحلول عام 1950، تضخمت وصولًا إلى 1.5 مليار طن. وقد أدَّى التوسُّع الاقتصادي بعد ذلك لفترة ما بعد الحرب في أوروبا، وأمريكا الشمالية، والاتحاد السوفيتي، واليابان - بالتزامن مع

النهضة الاقتصادية التي تلت عام 1980 في الصين - إلى زيادة حجم الانبعاثات أربعة أضعاف، لتصل إلى نحو 7 مليارات طن من الكربون بحلول عام 2000. وفي الفترة ما بين عامي 1800 و2000، زاد انتقال الكربون من مصادر الوقود الأحفوري إلى الغلاف الجوِّي بمقدار 650 ضعفًا، بينما زاد التعداد السكاني 6 أضعاف فقط!



وقد شهد القرن الجديد اختلافًا كبيرًا، فبحلول عام 2017، انخفضت الانبعاثات في الاتحاد الأوروبي بنسبة 15 % تقريبًا، مع بطء نموه الاقتصادي وتقدُّم التعداد السكاني في العمر، وكذلك في الولايات المتحدة؛ حيث يعود الفضل بنسبة كبيرة للاستهلاك المتزايد للغاز الطبيعي بدلاً من الفحم. إلا أن انبعاثات الكربون في الصين فاقت كل هذه المكاسب، إذ زاد مُعدَّلها من مليار طن تقريبًا إلى نحو 3 مليارات

طن – وهي زيادة كافية لرفع الإجمالي العالمي إلى ما يقرب من 45 %، ليصل المُعدَّل إلى 10.1 مليار طن.

وبحرق كميات ضخمة من مخزون الكربون الذي تحجَّر قبل عصور مضت، وصل البشر بتركيز ثاني أكسيد الكربون إلى مستويات لم تشهدها الأرض لنحو 3 ملايين سنة. ومن خلال الحفر عميقًا في الأنهار الجليدية التي تغطي أنتاركتيكا وجرينلاند يمكننا استعادة قنوات الجليد الرفيعة التي قد تحتوي على فقاعات صغيرة، ومع الحفر على مستوى أعمق، نجد جليدًا أقدم. وبأخذ عينة من الهواء المحبوس في تلك الفقاعات الصغيرة، استطعنا إعادة إرساء تاريخ تركيزات ثاني أكسيد الكربون الذي يرجع إلى 800.000 سنة تقريبًا، حيث كانت مستويات الغاز في الغلاف الجوي حينذاك تتراوح ما بين 180 و280 جزءًا لكل مليون (أي من 0.018 إلى 0.028 %). وعلى مدار الألفية الماضية، ظلَّت التركيزات مستقرة نوعًا ما، حيث كانت تتراوح بين 275 في المليون مطلع عام 1600 وبين 285 جزءًا في المليون تقريبًا قبل نهاية القرن الـ 19. وبدأت القياسات المستمرة للغاز بالقرب من قمة الجبل البركاني مونا لوا بجزر هاواي عام 1958: حيث كان متوسط عام 1959 يبلغ 316 جزءًا في المليون، أما متوسط عام 2015 فبلغ 400 جزء في المليون، وتم تسجيل المُعدَّل 415 جزءًا في المليون لأول مرة في مايو من عام 2019.

ستواصل الانبعاثات انخفاضها في الدول الغنية، كما بدأ مُعدَّل ارتفاعها في الصين في التباطؤ، رغم أنه يتسارع في الهند وأفريقيا، ومن ثم من غير المُحتمل أن نرى أية انخفاضات كبيرة على مستوى العالم عمَّا قريب.

وتمت الإشادة باتفاق باريس للمناخ الذي أُبرم في عام 2015 باعتباره أول اتفاق يتضمن التزامات وطنية معينة لخفض مستويات

الانبعاثات في المستقبل، لكن فعليًا، لم يتقدَّم سوى عدد قليل من الدول بوعود مُحدَّدة، وليست هناك آلية تقييدية إلزامية، وحتى إذا تم تحقيق كل تلك الأهداف بحلول عام 2030، ستواصل مُعدَّلات انبعاثات الكربون ارتفاعها إلى ما يقرب من 50 % فوق المستوى الذي تم تسجيله في عام 2017. وبحسب الدراسة التي أُجريت عام 2018 من قِبل الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ فإن السبيل الوحيدة لضمان عدم زيادة متوسط درجات الحرارة في العالم على 1.5 درجة مئوية ربما يكون بالحد الفوري من الانبعاثات بحيث يتم تقليلها إلى صفر بحلول عام 2050.

ليس هذا بمستحيل، لكنه غير مُحتمل، فقد لا يتطلب تحقيق هذا الهدف إلا تحولاً جذريًا في الاقتصاد العالمي على نطاقات واسعة وبسرعة لم يشهدها التاريخ البشري، وهي مهمة قد يستحيل تنفيذها دون وقوع خلل اقتصادي واجتماعي. وقد يتمثَّل التحدي الأكبر في كيفية انتشال مليارات الأفراد من الفقر دون الاعتماد على الكربون الأحفوري، فقد استخدمت دول العالم الغني مئات المليارات من الأطنان منه لإرساء مستوى جودة الحياة الذي تتمتع به، لكن في الوقت الحالي ليست لدينا أية بدائل غير كربونية بأسعار في المتناول يمكن تسخيرها بسرعة على نطاقات واسعة بغرض تنشيط تصنيع كميات هائلة مما أسميته الأعمدة الأربعة للحضارة الحديثة - الأمونيا، والصلب، والأسمنت، والبلاستيك - والتي ستكون لها حاجةٌ كبيرة في إفريقيا وآسيا في العقود المقبلة، وقد لا تكون التناقضات بين المخاوف التي تم الإعراب عنها بشأن الاحتباس الحراري، والانبعاث المستمر للكربون بمستويات غير مسبوقة، وقدراتنا على تغيير ذلك على المدى القريب - قد لا تكون أشد جلاءً.

خاتمة

قد لا تكذب الأرقام، لكن ما الحقيقة التي تنقلها إلينا؟ لقد حاولتُ في هذا الكتاب أن أُوضّح أننا كثيرًا ما يتعين علينا التمعن بنظرة أعمق وأشمل، فحتى الأرقام الموثوق بها نوعًا ما - وطبعًا، الأرقام *الدقيقة التي لا تحتمل الخطأ* - تحتاج إلى تأملها في سياقات أوسع، إذ يتطلب الحكم المستنير على القيم المُطلقة بعض وجهات النظر النسبية والمبنية على المقارنة.

إن التقييم الصارم الذي يقوم على الفروق الدقيقة مُضلِّل أكثر من كونه مفيدًا، إذ يتفوق التقريب والتقدير على الدقة غير الضرورية التي لا مُبرِّر لها. إنَّ الشك، والحذر، والتشكيك المتواصل تُعد أمورًا في محلها، ولكن الإصرار على إحصاء الحقائق المُعقَّدة للعالم الحديث هو أيضًا شيءٌ في محله، وإذا كنا نفهم الكثير من الحقائق الجامحة، ونبني قراراتنا استنادًا إلى أفضل المعلومات المتاحة، فلا بديل لنا عن هذا المسعى.

مزيد من القراءات

People— The Inhabitants of Our World

What happens when we have fewer children?

Bulatao, R.A. and J.B. Casterline, eds. *Global Fertility Transition.* New York: Population Council, 2001.

United Nations. *World Population Prospects.* New York: United Nations, 2019. https://population.un.org/wpp/.

The best indicator of quality of life? Try infant mortality

Bideau, A., B. Desjardins, and H.P. Brignoli, eds. *Infant andChild Mortality in the Past.* Oxford: Clarendon Press, 1992.

Galley, C., et al., eds. *Infant Mortality: A Continuing Social Problem.* London: Routledge, 2017.

The best return on investment: Vaccination

Gates, Bill and Melinda. "Warren Buffett's Best Investment." *Gates Notes* (blog), February 14, 2017. https://www. gatesnotes. com/2017-Annual-Letter?WT.mc_id=02_14_ 2017_02_AL-2017GFO_GF-GFO_&WT.tsrc=GFGFO.

Ozawa, S., et al. "Modeling the economic burden of adult vaccine-preventable diseases in the United States." *Health Affairs 35,* no. 11 (2016): 2124—32.

Why it's diffi cult to predict how bad a pandemicwill be while it is happening

NHCPRC (National Health Commission of the People's Republic of China). "March 29: Daily briefing on novel coronavirus cases in China." March 29, 2020. http:// en.nhc.gov.cn/2020-03/29/c_78447.htm.

Wong, J.Y., et al. "Case fatality risk of influenza A (H1N1pdm09): A systematic review." *Epidemiology* 24, no. 6 (2013). https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3182a67448.

Growing taller

Floud, R. et al. *The Changing Body*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

Koletzko, B., et al., eds. *Nutrition and Growth: Yearbook 2018*. Basel: Karger, 2018.

Is life expectancy fi nally topping out?

Riley, J.C. *Rising Life Expectancy: A Global History*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

Robert, L., et al. "Rapid increase in human life expectancy: Will it soon be limited by the aging of elastin?" *Biogerontolog y* 9, no. 2 (April 2008): 119—33.

How sweating improved hunting

Jablonski, N.G. "The naked truth." *Scientific American Special Editions* 22, 1s (December 2012). https://doi.org/10.1038/ scientificamericanhuman1112-22.

Taylor, N.A.S., and C.A. Machado-Moreira. "Regional variations in transepidermal water loss, eccrine sweat gland density, sweat secretion rates and electrolyte composition in resting and exercising humans." *Extreme Physiology and Medicine* 2, no. 4 (2013). https://doi.org/10.1186/2046-7648-2-4.

How many people did it take to build the Great Pyramid?

Lehner, M. *The Complete Pyramids: Solving the Ancient Mysteries.* London: Thames and Hudson, 1997.

Mendelssohn, K. *The Riddle of the Pyramids.* London: Thames and Hudson, 1974.

Why unemployment figures do not tell the whole story

Knight, K.G. *Unemployment: An Economic Analysis.* London: Routledge, 2018.

Summers, L.H., ed. *Understanding Unemployment.* Cambridge, MA: MIT Press, 1990.

What makes people happy?

Heliwell, J.F., R. Layard, and J.D. Sachs, eds. *World Happiness Report 2019.* New York: Sustainable Development Solutions Network, 2019. https://s3.amazonaws.com/happiness- report/2019/ WHR19.pdf

Layard, R. *Happiness: Lessons from a New Science.* London: Penguin Books, 2005.

The rise of megacities

Canton, J. 2011. "The extreme future of megacities." *Signifi - cance* 8, no. 2 (June 2011): 53—6. https://d0i.0rg/10.1111/j. 1740-9713.2011.00485.x.

Munich Re. *Megacities-- Megarisks: Trends and challenges for insurance and risk management*. Munich: MunchenerRuck versicherungs-Gesellschaft, 2004. http://www.preventi0n web.net/files/646_10363.pdf.

Countries—Nations in the Age of Globalization

The First World War's extended tragedies

Bish0p, C., ed. *The Illustrated Encyclopedia of Weapons of World War I*. New Y0rk: Sterling Publishing, 2014.

St0ltzenberg, D. *Fritz Haber: Chemist, Nobel Laureate, German, Jew*. Philadelphia, PA: Chemical Heritage F0undati0n, 2004.

Is the US really exceptional?

Gilligan, T.W., ed. *American Exceptionalism in a New Era: Rebuilding the Foundation of Freedom and Prosperity*. Stanf0rd, CA: H00ver Instituti0n Press, 2018.

H0dgs0n, G. *The Myth of American Exceptionalism*. New Haven, CT: Yale University Press, 2009.

Why Europe should be more pleased with itself

Bootle, R. *The Trouble with Europe: Why the EU Isn't Working, How It Can Be Reformed, What Could Take Its Place*. Boston, MA: Nicholas Brealey, 2016.

Leonard, D., and M. Leonard, eds. *The Pro- European Reader*. London: Palgrave/Foreign Policy Centre, 2002.

مزيد من القراءات

Brexit: Realities that matter most will not change

Clarke, H.D., M. Goodwin, and P. Whiteley. *Brexit: Why Britain Voted to Leave the European Union*. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

Merritt, G. *Slippery Slope: Brexit and Europe's Troubled Future*. Oxford: Oxford University Press, 2017.

Concerns about Japan's future

Cannon, M.E., M. Kudlyak, and M. Reed. "Aging and the economy: The Japanese experience." *Regional Economist* (October 2015). https://www.stlouisfed.org/publications/ regional-economist/october-2015/aging-and-the-economy- the-japanese-experience.

Glosserman, B. *Peak Japan: The End of Great Ambitions*. Washington, DC: Georgetown University Press, 2019.

How far can China go?

Dotsey, M., W. Li, and F. Yang. "Demographic aging, industrial policy, and Chinese economic growth." Federal Reserve Bank of Philadelphia. *Working Papers* (2019): 19—21. https://doi.org/10.21799/frbp.wp.2019.21.

Paulson Jr., H.M. *Dealing with China: An Insider Unmasks the New Economic Superpower*. New York: Twelve, 2016.

India vs. China

Dreze, J., and A. Sen. *An Uncertain Glory: India and Its Contra-dictions*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2015.

NITI Aayog. *Strategy for New India @ 75*. November 2018. https://niti.gov.in/writereaddata/files/Strategy_for_New_ India.pdf.

Why manufacturing remains important

Haraguchi, N., C.F.C. Cheng, and E. Smeets. "The importance of manufacturing in economic development: Has this changed?" Inclusive and Sustainable Development Working Paper Series WP1, 2016. https://www.unido. org/sites/default/files/2017-02/the_importance_of_ manufacturing_in_economic_development_0.pdf.

Smil, V. *Made in the USA: The Rise and Retreat of American Manufacturing*. Cambridge, MA: MIT Press, 2013.

Russia and the USA: How things never change

Divine, R.A. *The Sputnik Challenge: Eisenhower's Response to the Soviet Satellite*. Oxford: Oxford University Press, 2003.

Zarya. "Sputniks into Orbit." http://www.zarya.info/ Diaries/Sputnik/ Sputnik1.php.

Receding empires: Nothing new under the sun

Arbesman, S. "The life-spans of empires." *Historical Methods* 44, no. 3 (2011): 127—9. https://doi.org/1o.1o8o/o161544o. 2011.577733.

Smil, V. *Growth: From Microorganisms to Megacities*. Cambridge, MA: MIT Press, 2o19.

Machines, Designs, Devices— InventionsThat Made Our Modern World

How the 1880s created our modern world

Smil, V. *Creating the Twentieth Century: Technical Innovations of 1867—1914 and Their Lasting Impact*. Oxford: Oxford University Press, 2oo5.

Timmons, T. *Science and Technolog y in Nineteenth- Century America*. Westport, CT: Greenwood Press, 2oo5.

How electric motors power modern civilization

Cheney, M. *Tesla: Man Out of Time*. New York: Dorset Press, 1981.

Hughes, A. *Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications*. Oxford: Elsevier, 2oo5

Transformers— the unsung silent, passive devices

Coltman, J.W. "The transformer." *Scientific American* 258, no. 1 (January 1988): 86—95.

Harlow, J.H., ed. *Electric Power Transformer Engineering*. Boca Raton, FL: CRC Press, 2012.

Why you shouldn't write diesel off just yet

Mollenhauer, K., and H. Tschoke, eds. *Handbook of Diesel Engines*. Berlin: Springer, 2010.

Smil, V. *Prime Movers of Globalization: The History and Impact of Diesel Engines and Gas Turbines*. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

Capturing motion—from horses to electrons

Eadweard Muybridge Online Archive. "Galleries." http:// www.muybridge.org/.

Muybridge, E. *Descriptive Zoopraxography, or the Science of Animal Locomotion Made Popular*. Philadelphia, PA: University of Pennsylvania, 1893. https://archives.upenn.edu/digitized-re sources/docs-pubs/muybridge/descriptive-zoopraxography.

From the phonograph to streaming

Marco, G. A., ed. *Encyclopedia of Recorded Sound in the United States*. New York: Garland Publishing, 1993.

Morris, E. *Edison*. New York: Random House, 2019.

Inventing integrated circuits

Berlin, L. *The Man Behind the Microchip: Robert Noyce and the Invention ofSilicon Valley*. Oxford: Oxford University Press, 2006.

Lecuyer, C., and D.C. Brook. *Makers of the Microchip: A Documentary History of Fairchild Semiconductor*. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

Moore's Curse: Why technical progress takes longer than you think

Mody, C.C.M. *The Long Arm ofMoore's Law: Microelectronics and American Science*. Cambridge, MA: MIT Press, 2016.

Smil, V. *Growth: From Microorganisms to Megacities*. Cambridge, MA: MIT Press, 2019.

The rise of data: Too much too fast

Hilbert, M., and P. Lopez. "The world's technological capacity to store, communicate, and compute information." *Science* 332, no. 6025 (April 2011): 60—65. https://doi.org/ 0.116/science.1200976.

Reinsel, D., J. Gantz, and J. Rydning. *Data Age 2025: The Digitization ofthe World: From Edge to Core*. Seagate, 2017. https:// www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/ files/Seagate-WP-DataAge2025-March-2017.pdf.

Being realistic about innovation

Schiffer, M.B. *Spectacular Failures: Game- Changing Technologies that Failed.* Clinton Corners, NY: Eliot Werner Publications, 2019.

Smil, V. *Transforming the Twentieth Century.* Oxford: Oxford University Press, 2006.

Fuels and Electricity— Energizing Our Societies

Why gas turbines are the best choice

American Society of Mechanical Engineers. *The World's First Industrial Gas Turbine Set— GT Neuchatel: A Historical Mechanical Engineering Landmark.* Alstom, 1988. https://www. asme.org/wwwasmeorg/media/resourcefiles/aboutasme/ who%20we%20are/ engineering%20history/landmarks/ 135-neuchatel-gas-turbine.pdf.

Smil, V. *Natural Gas: Fuel for the Twenty-First Century.* Chichester, West Sussex: John Wiley, 2015.

Nuclear electricity— an unfulfilled promise

International Atomic Energy Agency. *Nuclear Power Reactors in the World.* Reference Data Series No. 2. Vienna: IAEA, 2019. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/ RDS-2-39_web.pdf.

Smil, V. *Energy and Civilization: A History.* Cambridge, MA: MIT Press, 2017.

Why you need fossil fuels to get electricity from wind

Ginley, D.S., and D. Cahen, eds. *Fundamentals of Materials for Energy and Environmental Sustainability.* Cambridge: Cambridge University Press, 2012.

Mishnaevsky Jr., L., et al. "Materials for wind turbine blades: An overview." *Materials* 10 (2017). https://www.ncbi.nlm. nih.gov/pmc/articles/PMC5706232/pdf/materials-10-01285. pdf.

How big can a wind turbine be?

Beurskens, J. "Achieving the 20 MW Wind Turbine." *Renewable Energy World* 1, no. 3 (2019). https://www.renewable energyworld. com/articles/print/special-supplement-wind- technology/volume-1/issue-3/wind-power/achieving-the- 20-mw-wind-turbine. html.

General Electric. "Haliade-X 12 MW offshore wind turbine platform." Accessed December 2019. https://www.ge.com/ renewableenergy/ wind-energy/offshore-wind/haliade-x- offshore-turbine.

The slow rise of photovoltaics

NASA. "Vanguard 1." Accessed December 2019. https://nssdc. gsfc. nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1958-002B.

US Department of Energy. "The History of Solar." Accessed December 2019. https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/ solar_timeline. pdf.

Why sunlight is still best

Arecchi, A.V., T. Messadi, and R.J. Koshel. *Field Guide to Illumination*. SPIE, 2007. https://doi.org/10.1117/3.764682.

Pattison, P.M., M. Hansen, and J.Y. Tsao. "LED lighting efficacy: Status and directions." *Comptes Rendus* 19, no. 3 (2017). https://www. osti.gov/pages/servlets/purl/1421610.

Why we need bigger batteries

Korthauer, R., ed. *Lithium- Ion Batteries: Basics and Applications.* Berlin: Springer, 2018.

Wu, F., B. Yang, and J. Ye, eds. *Grid- Scale Energ y Storage Systems and Applications.* London: Academic Press, 2019.

Why electric container ships are a hard sail

Kongsberg Maritime. "Autonomous Ship Project, Key Facts about *Yara Birkeland.*" Accessed December 2019. https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/ autonomous-ship-project-key-facts-about-yara-birkeland/.

Smil, V. *Prime Movers of Globalization: The History and Impact of Diesel Engines and Gas Turbines.* Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

The real cost of electricity

Eurostat. "Electricity price statistics." Data extracted November 2019. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics- explained/pdfscache/45239.pdf.

Vogt, L.J. *Electricity Pricing: Engineering Principles and Methodologies.* Boca Raton, FL: CRC Press, 2009.

The inevitably slow pace of energy transitions

International Energy Agency. *World Energy Outlook 2019.* Paris: IEA, 2019. https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019.

Smil, V. *Energy Transitions: Global and National Perspectives.* Santa Barbara, CA: Praeger, 2017.

Transport— How We Get Around

Shrinking the journey across the Atlantic

Griffiths, D. *Brunel's Great Western.* New York: HarperCollins, 1996.

Newall, P. *Ocean Liners: An Illustrated History.* Barnsley, South Yorkshire: Seaforth Publishing, 2018.

Engines are older than bicycles!

Bijker, W.E. *Of Bicycles, Bakelites and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change.* Cambridge, MA: MIT Press, 1995.

Wilson, D.G. *Bicycling Science.* Cambridge, MA: MIT Press, 2004.

The surprising story of inflatable tires

Automotive Hall of Fame. "John Dunlop." Accessed December 2019. https://www.automotivehalloffame.org/honoree/john-dunlop/.

Dunlop, J.B. *The History of the Pneumatic Tyre.* Dublin: A. Thom & Co., 1925.

When did the age of the car begin?

Casey, R.H. *The Model T: A Centennial History.* Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2008.

Ford Motor Company. "Our History—Company Timeline." Accessed December 2019. https://corporate.ford.com/ history.html.

Modern cars have a terrible weight- to- payload ratio

Lotus Engineering. *Vehicle Mass Reduction Opportunities.* October 2010. https://www.epa.gov/sites/production/ files/2015-01/documents/10052010mstrs_peterson.pdf.

US Environmental Protection Agency. *The 2018 EPA Automotive Trends Report: Greenhouse Gas Emissions, Fuel Economy, and Technology since 1975*. Executive summary, 2019. https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey= P100W3WO.pdf.

Why electric cars aren't as great as we think (yet)

Deloitte. *New Market. New Entrants. New Challenges: Battery Electric Vehicles*. 2019. https://www2.deloitte.com/content/ dam/Deloitte/uk/Documents/manufacturing/deloitte-uk- battery-electric-vehicles.pdf.

Qiao, Q., et al. "Comparative study on life cycle CO2 emissions from the production of electric and conventional cars in China." *Energy Procedia* 105 (2017): 3584—95.

When did the jet age begin?

Smil, V. *Prime Movers of Globalization: The History and Impact of Diesel Engines and Gas Turbines*. Cambridge, MA: MIT Press. 2009.

Yenne, B. *The Story of the Boeing Company*. London: Zenith Press, 2010.

Why kerosene is king

CSA B836. *Storage, Handling, and Dispensing of Aviation Fuels at Aerodromes*. Toronto: CSA Group, 2014.

Vertz, L., and S. Sayal. "Jet fuel demand flies high, but some clouds on the horizon." *Insight* 57 (January 2018). https://cdn. ihs.com/www/pdf/Long-Term-Jet-Fuel-Outlook-2018.pdf.

How safe is flying?

Boeing. *Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents: Worldwide Operations 1959—2017.* Seattle, WA: Boeing Commercial Airplanes, 2017. https://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/company/about_bca/pdf/statsum.pdf.

International Civil Aviation Organization. *State of Global Aviation Safety.* Montreal: ICAO, 2019. https://www.icao.int/ safety/Documents/ICAO_SR_2019_29082019.pdf.

Which is more energy efficient planes, trains, or automobiles?

Davis, S.C., S.W. Diegel, and R.G. Boundy. *Transportation Energy Data Book.* Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory, 2019. https://info.ornl.gov/sites/publications/ files/Pub31202.pdf.

Sperling, D., and N. Lutsey. "Energy efficiency in passenger transportation." *Bridge 39,* no. 2 (Summer 2009): 22—30.

Food— Energizing Ourselves

The world without synthetic ammonia

Smil, V. *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production.* Cambridge, MA: MIT Press, 2000.

Stoltzenberg, D. *Fritz Haber: Chemist, Nobel Laureate, German, Jew.* Philadelphia, PA: Chemical Heritage Foundation, 2004.

Multiplying wheat yields

Calderini, D.F., and G.A. Slafer. "Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century." *Field Crops Research* 57, no. 3 (1998): 335—47.

Smil, V. *Growth: From Microorganisms to Megacities*. Cambridge, MA: MIT Press, 2019.

The inexcusable magnitude of global food waste

Gustavsson, J., et al. *Global Food Losses and Food Waste*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011.

WRAP. *The Food Waste Reduction Roadmap—Progress Report 2019*. September 2019. http://wrap.org.uk/sites/files/wrap/ Food-Waste-Reduction_Roadmap_Progress-Report-2019. pdf.

The slow addio to the Mediterranean diet

Tanaka, T., et al. "Adherence to a Mediterranean diet protects from cognitive decline in the invecchiare in Chianti study of aging. *Nutrients* 10, no. 12 (2007). https://doi. org/10.3390/nu10122007.

Wright, C.A. *A Mediterranean Feast: The Story of the Birth of the Celebrated Cuisines of the Mediterranean, from the Merchants of Venice to the Barbary Corsairs*. New York: William Morrow, 1999.

Bluefi n tuna: On the way to extinction

MacKenzie, B.R., H. Mosegaard, and A.A. Rosenberg. "Impending collapse of bluefin tuna in the northeast Atlantic and Mediterranean." *Conservation Letters* 2 (2009): 25-34.

Polacheck, T., and C. Davies. *Considerations of Implications of Large Unreported Catches of Southern Bluefin Tuna for Assessments of Tropical Tunas, and the Need for Independent Verification of Catch and Eff ort Statistics*. CSIRO Marine and Atmospheric Research Paper No. 23, March 2008. http://www.iotc.org/ files/proceedings/2008/wptt/IOTC-2008-WPTT-INF01. pdf.

Why chicken rules

National Chicken Council. "U.S. Broiler Performance." Updated March 2019. https://www.nationalchickencouncil. org/about-the-industry/statistics/u-s-broiler-performance/.

Smil. V. *Should We Eat Meat?: Evolution and Consequences of ModernCarnivory*. Chichester. West Sussex: Wiley-Blackwell, 2013.

(Not) drinking wine

Aurand. J.-M. *State of the Vitiviniculture World Market*. International Organization of Vine and Wine. 2018. http:// www.oiv.int/public/medias/6370/state-of-the-world- vitiviniculture-oiv-2018-ppt.pdf.

Lejeune. D. *Boire etManger en France, de 1870 au Debut des Annees 1990*. Paris: Lycee Louis le Grand, 2013.

Rational meat- eating

Pereira. P., et al. "Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet." *Meat Science* 93. no. 3 (March 2013): 589—92. https://d0i.0rg/10.1016/j.meatsci.2012.09.018.

Smil, V. *Should We Eat Meat?: Evolution and Consequences of Modern Carnivory*. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell, 2013.

The Japanese diet

Cwiertka, K.J. *Modern Japanese Cuisine: Food, Power and National Identity*. L0nd0n: Reakti0n B00ks, 2006.

Smil, V., and K. Kobayshi. *Japan's Dietary Transition and Its Impacts*. Cambridge, MA: MIT Press, 2012.

Dairy products – the counter- trends

American Farm Bureau Federation. "Trends in beverage milk consumption." Market Intel, December 19, 2017. https://www. fb.org/market-intel/trends-in-beverage-milk-consumption.

Watson, R.R., R.J. Collier, and V.R. Preedy, eds. *Nutrients in Dairy and Their Implications for Health and Disease.* London: Academic Press, 2017.

Environment— Damaging and Protecting Our World

Animals vs. artifacts— which are more diverse?

GSMArena. "All mobile phone brands." Accessed December 2019. https://www.gsmarena.com/makers.php3.

Mora, C., et al. "How many species are there on Earth and in the ocean?" *PLoS Biology* 9, no. 8 (2011): e1001127. https:// doi. org/10.1371/journal.pbio.1001127.

Planet of the cows

Beef Cattle Research Council. "Environmental Footprint of Beef Production." Updated October 23, 2019. https://www. beefresearch.ca/research-topic.cfm/environmental-6.

Smil, V. *Harvesting the Biosphere: What We Have Taken from Nature.* Cambridge, MA: MIT Press, 2013.

The deaths of elephants

Paul G. Allen Project. *The Great Elephant Census Report 2016.* Vulcan Inc., 2016. http://www.greatelephantcensus.com/ final-report.

Pinnock, D., and C. Bell. *The Last Elephants*. London: Penguin Random House, 2019.

Why calls for the Anthropocene era may be premature

Davies, J. *The Birth of the Anthropocene*. Berkeley, CA: University of California Press, 2016.

Subcommission on Quaternary Stratigraphy, "Working Group on the 'Anthropocene.' " May 21, 2019. http:// quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/.

Concrete facts

Courland, R. *Concrete Planet: The Strange and Fascinating Story of the World's Most Common Man-Made Material*. Amherst, NY: Prometheus Books, 2011.

Smil, V. *Making the Modern World: Materials and Dematerialization*. Chichester, West Sussex: John Wiley and Sons, 2014.

What's worse for the environment your car or your phone?

Anders, S.G., and O. Andersen. "Life cycle assessments of consumer electronics—are they consistent?" *International Journal of Life Cycle Assessment* 15 (July 2010): 827—36.

Qiao, Q., et al. "Comparative study on life cycle CO2 emissions from the production of electric and conventional cars in China." *Energy Procedia* 105 (2017): 3584—95.

Who has better insulation?

Natural Resources Canada. *Keeping the Heat In*. Ottawa: Energy-Publications, 2012. https://www.nrcan.gc.ca/energy- efficiency/energy-efficiency-homes/how-can-i-make-my- home-more-ener/keeping-heat/15768.

US Department of Energy. "Insulation materials." Accessed December 2019. https://www.energy.gov/energysaver/ weatherize/insulation/insulation-materials.

Triple- glazed windows: A see- through energ y solution

Carmody, J., et al. *Residential Windows: A Guide to New Technology and Energy Performance*. New York: W.W. Norton and Co., 2007.

US Department of Energy. *Selecting Windows for Energy Effi - ciency*. Merrifield, VA: Office of Energy Efficiency, 2018. https:// nascsp.org/wp-content/uploads/2018/02/us-doe_ selecting-windows-for-energy-efficiency.pdf.

Improving the effi ciency of household heating

Energy Solutions Center. "Natural gas furnaces." December 2008. https://naturalgasefficiency.org/for-residential- customers/heat-gas_furnace/.

Lechner, N. *Heating, Cooling, Lighting*. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2014.

Running into carbon

Jackson, R.B., et al. *Global Energy Growth Is Outpacing Decarbonization*. A special report for the United Nations Climate Action Summit, September 2019. Canberra: Global Carbon Project, 2019. https://www.globalcarbonproject.org/ global/pdf/GCP_2019_ Global%20energy%20growth %20outpace%20decarbonization_ UN%20Climate%20 Summit_HR.pdf.

Smil, V. *Energy Transitions: Global and National Perspectives*. Santa Barbara, CA: Praeger, 2017.

شكر وتقدير

ظللت طوال سنوات عديدة أنشر كتبًا متعددة المجالات، وظننت أنه قد يكون تحديًا مثيرًا أن تُتاح لي الفرصة بصورة دورية للتعليق على بعض الموضوعات الجديرة بالتغطية، وأن أُصحِّح بعض المفاهيم الخطأ الشائعة، وأن أفسِّر بعض الحقائق المُذهلة عن العالم الحديث. كما اعتقدتُ أن احتمالية حدوث ذلك كانت ضئيلة، لأن الأمر كي يستحق هذا، لا بد أن يطابق عرض الناشر العديد من المعايير الخرافية.

يجب ألا تكون الفترة الفاصلة بين الإسهامات قصيرة (فإذا كانت أسبوعية تكون مملة جدًّا) وليست متقطعة جدًّا، ولعل كلمة حصة ليست طويلة جدًّا، لكنها طويلةٌ بما يكفي للسماح بكتابة ما هو أكثر من مجرد فقرات قليلة وبسيطة، ويجب ألا يكون الموضوع سطحيًّا ولا متخصصًا، كي يمكننا التحليل المستنير. وليس اختيار الموضوعات مطلقًا (إذ لم أكن أنوي أن أكتب عن أمور مبهمة أو أفكار شديدة التخصص) لكنها بالتأكيد شديدة التنوُّع، أيضًا هناك تسامح بعض الشيء بخصوص الأرقام: ليست كثيرة جدًّا، لكنها كافية لتقديم حجة مقنعة. وقد كانت هذه النقطة الأخيرة على وجه التحديد مهمة بالنسبة لي؛ لأنني لاحظت على مر العقود كيف صارت مناقشة الأمور المهمة التي تتطلب بعض الفهم الكمي الواضح ذات علاقة بالنوع والكيفية بدرجة متزايدة، ومن ثم مُجردة من الحقائق المُعقَّدة.

إن الأمور المستبعدة قد تحدث - وقد طُلِبَ مني في عام 2014 أن أكتب مقالًا شهريًّا، لمجلة معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات *IEEE Spectrum*، التي يقع مقرها في نيويورك. وقد اقترح اسمي «فيليب روس»، المُحرِّر المسئول في مجلة *Spectrum*، وصادقت عليه بسرعة رئيسة التحرير سوزان هاسلر. وتُعد *Spectrum* المجلة (والموقع) الأهم لأكبر مؤسسة مهنية في العالم مُكرَّسة للهندسة والعلوم التطبيقية، وقد تصدَّر أعضاؤها اتجاه التحول إلى عالم حديث يعتمد على المد المستمر، والموثوق، ومعقول الثمن بالكهرباء، وتبني مجموعة متنامية من الأجهزة الإلكترونية الحديثة والحلول الحوسبية.

وفي رسالة بريد إلكتروني أرسلتها إلى فيل في أكتوبر من عام 2014، لخَّصتُ الموضوعات المُخصَّصة للعام الأول، والتي كانت تتنوع ما بين السيارات شديدة الثقل والنوافذ ثلاثية الألواح الزجاجية، وما بين «نقمة مور» إلى «العصر الأنثروبوسيني». وكانت القائمة الأصلية كلها تقريبًا في النهاية مكتوبة ومطبوعة، بدايةً من يناير عام 2015، وقد تناول العمود الشهري الأول السيارات الأثقل على الإطلاق، وكانت مجلة *Spectrum* المكان المثالي لمقالاتي، وبأعضائه الذين يزيد عددهم على 400.000 عضو، يوفر معهد مهندسي الكهرباء والإلكترونيات جمهورًا كبيرًا، وواسع الاطلاع، وقراء ناقدين، وعليه كانت لديَّ الحرية الكاملة لاختيار الموضوعات، وكان فيل مُحرِّرًا نموذجيًّا، لا يتوانى عن التفتيش عن الحقائق.

ومع تراكم المقالات، فكَّرت في أنه قد تُشكِّل مجموعة مثيرة، لكنني مرةً أخرى لم أجد فرصة كبيرة في إمكانية رؤيتها مطبوعة في شكل كتاب، ثم في أواخر أكتوبر من عام 2019، أي بعد نحو 5 سنوات من إعدادي قائمة مقالات العام الأول التي أرسلتها إلى فيل، تلقيت رسالة

بريد إلكتروني أخرى غير مُتوقّعة من دانيل كرو، الناشر في مجلة Viking (التابعة لدار نشر Penguin Random House) في لندن، والذي كان يتساءل عمّا إذا كنت قد حوّلت أعمدتي إلى كتاب، وبعدها سار كل شيءٍ بسرعة، إذ حصل دانيل على الإذن من سوزان، واخترنا ستين مقالاً من المقالات المنشورة لضمّها إلى الكتاب (تاركين فقط بضعة أعمدة ذات طابع تقني شديد)، وكتبت 12 مقالة جديدة لأنجز الفصول السبعة الموضوعية (خاصةً عن الطعام والناس). وقد أسهم كونور براون في أول تعديل كبير، واخترنا الرسومات والصور المناسبة.

أشكر فيل وسوزان وقُرّاء مجلة *Spectrum* على ما قدّموه لي من دعم وفرصة للكتابة عن أي شيءٍ يثير فضولي، كما أشكر دانيل وكونور على إتاحة فرصة أخرى لهذه الأفكار الكمية.

إن غالبية الرسوم التوضيحية مُستخلصةٌ من مجموعات خاصة، وأخرى من المصادر التالية:

صـ98، ثمانينيات القرن 19 الإعجازية © Erik Vrielink، وصـ105، المُحوّل الأكبر في العالم: مُحوّل سيمنز الصيني © Siemens، وصـ151، مقارنة بين ارتفاعات توربينات الرياح وأقطار شفراتها © Chao (Chris) Qin، وصـ155، منظر جوّي لمحطة نور للطاقة الشمسية بمدينة ورزازات في المغرب. وبجهد 510 ميجاوات، تكون المحطة المركزية الأكبر في العالم لتوليد الطاقة الشمسية والألواح الضوئية © Fadel Senna، عن طريق موقع Getty وصـ167، نموذج السفينة *يارا بيكرلاند* © Kongsberg، وصـ240، رقم قياسي آخر لثمن إحدى أسماك التونة ذات الزعنفة الزرقاء © Reuters كيم كيونج-هون، وصـ276، الأماكن التي لا تزال الأفيال الإفريقية تعيش

بها حتى الآن © Vulcan Inc، وص280، العصور الجيولوجية والعصر الأنثروبوسيني © Erik Vrielink.

لقد بُذِلَت كل الجهود المنطقية لتتبع حقوق النشر، لكن الناشر يرحب بأية معلومات من شأنها أن توضِّح ملكية حقوق نشر أية مادة معروضة غير منسوبة لصاحبها، وسوف يحاول تضمين التصحيحات في الطبعات التالية.

العناوين الخاصة بالكتاب وكيف كانت عند النشر لأول مرة...

أفضل عائد على الاستثمار: التلقيح 19
التلقيح: العائد الأفضل على الاستثمار (2017)

هل بلغ متوسط العمر المتوقع قمته أخيرًا؟ 31
هل بلغ متوسط العمر المتوقع قمته أخيرًا؟ (2019)

كيف حسَّن التعرُّق الصيد؟ 35
توازن طاقة الجري (2016)

كم لزم من الأفراد لبناء الهرم الأكبر؟ 38
بناء الهرم الأكبر (2020)

لماذا لا تحكي معدلات البطالة القصة كاملة؟ 42
البطالة: اختَر رقمًا (2017)

شكر وتقدير

لماذا نحتاج إلى بطاريات أكبر؟ 169
سعة الشبكة الكهربائية: الحجم يصنع الفارق (2016)

لماذا يكون شراع سفن الحاويات الكهربائية على شكل جناح؟ 173
سفن الحاويات الكهربائية على شكل جناح (2019)

التكلفة الحقيقية للكهرباء 177
أسعار الكهرباء: صفقة مُتغيِّرة (2020)

تقليص زمن السفر عبر المحيط الأطلنطي 187
إبريل 1838: عبور المحيط الأطلنطي (2018)

المحركات أقدم من الدراجات! 191
ركوب الدراجات البطيء (2017)

القصة المذهلة للإطارات القابلة للنفخ 195
ديسمبر 1888: دنلوب يحصل على براءة اختراع الإطارات القابلة للنفخ (2018)

متى بدأ عصر السيارات؟ 199
أغسطس 1908: أول سيارة فورد موديل تي تخرج من مصنع في ديترويت (2018)

شكر وتقدير

التونة ذات الزعنفة الزرقاء: على طريق الانقراض 247
التونـة زرقـاء الزعنفـة: سـريعة، لكـن ربمـا ليسـت بالسـرعة الكافيـة (2017)

لماذا يبسط الدجاج سيطرته؟ 251
لماذا يبسط الدجاج سيطرته؟ (2020)

عدم شرب المشروبات المصنوعة من العنب 256
(عدم) شرب المشروبات المصنوعة من العنب (2020)

الحيوانات مقابل الأدوات التي صنعها الإنسان - ما الأكثر تنوعًا؟ 275
الحيوانات مقابل الأدوات التي صنعها: ما الأكثر تنوعًا؟ (2019)

كوكب الأبقار 279
كوكب الأبقار (2017)

وفيات الأفيال 283
وفيات الأفيال (2015)

لماذا يمكن أن تكون الدعوات إلى العصر الأنثروبوسيني
سابقة لأوانها؟ 287
من المبكر جدًّا الدعوة إلى العصر الأنثروبوسيني (2015)

شكر وتقدير

الفهرس

الفهرس

الفهرس

الفهرس

الفهرس

الفهرس

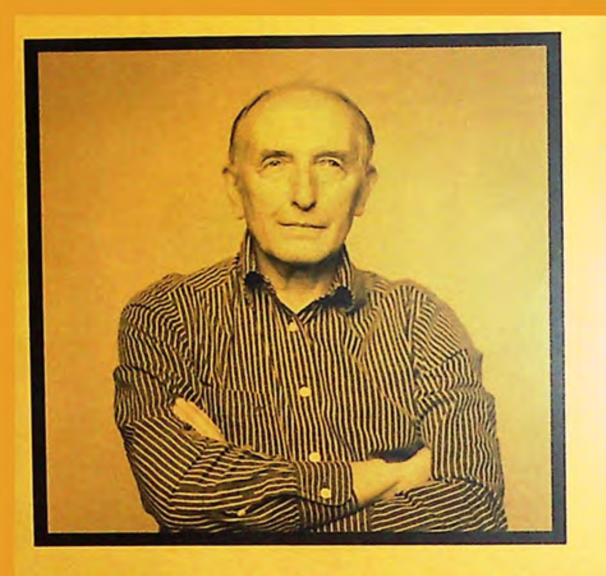
الفهرس

الفهرس

الفهرس

الفهرس

الفهرس



فاكلاف سميل أستاذ فخري بارز في جامعة مانيتوبا. وهو مؤلف لأكثر من 40 كتابًا في مواضيع تشمل الطاقة والتغير البيئي والسكاني وإنتاج الغذاء والتغذية والابتكارات التقنية وتقييم المخاطر والسياسة العامة. وهو زميل الجمعية الملكية الكندية وحاصل على وسام كندا.



"أفضل كتاب يمكن أن تقرأه لفهم عالمنا بشكل أمثل ..... ويجب أن يوضع على كل رفوف الكتب!".

ليندا يويه، مؤلفة كتاب *The Great Economists*

"ربما لا يوجد أي أستاذ جامعي آخر يمكن أن يرسم صور بيانية مثل سميل".

صحيفة ذا جارديان

"سميل شخص موسوعي طموح ورائع ويبذل قصارى جهده".

مجلة نيويورك ريفيو أوف بوكس







